

Независимый электронный журнал ГеоИнфо

Индивидуальное геотехническое проектирование насыпей транспортных сооружений...
Стр. 26

Почему строители не хотят быть BIM-прозрачными и саботируют цифровизацию.
Стр. 42

Технологический суверенитет: каким должно быть импортозамещение...
Стр. 46



GEOINFO

ISSN 2949-0677 (ONLINE)

WWW.GEOINFO.RU

АПРЕЛЬ • APRIL • ТОМ VI • 4-2024

ГЕНЕРАЛЬНЫЕ СПОНСОРЫ ПРОЕКТА



ООО «ПЕТРОМОДЕЛИНГ»



Австрийская компания
«TRUMER SCHUTZBAUTEN GMBH»
ООО «РТ ТРУМЕР»



Институт
экологического
проектирования
и изысканий

АО «ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗЫСКАНИЙ»



Maccaferri / ГАБИОНЫ МАККАФЕРРИ СНГ



ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

ООО НПП «ГЕОТЕК»



Компания
Mountain Risk Consultancy



Геотехническая лаборатория
АО «МОСТДОРГЕОТРЕСТ»



ГК «ОЛИМПРОЕКТ»

СПОНСОРЫ ПРОЕКТА



ООО «МИДАС» / MIDAS IT



MalinSoft



ООО «ГЕОИНЖСЕРВИС» / FUGRO



ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «ENGGEO»



ООО «КОМПАНИЯ «КРЕДО-ДИАЛОГ»

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ НЕЗАВИСИМОГО ЭЛЕКТРОННОГО ЖУРНАЛА «ГЕОИНФО»

Ананко Виктор Николаевич

Главный редактор журнала «ГеоИнфо»

Баборькин Максим Юрьевич

Главный аналитик Центра геоинформационных технологий Университета Иннополис, главный геолог ООО «Аэрогеоматика», к.г.-м.н., имеет степень MBA

Бершов Алексей Викторович

Генеральный директор ГК «Петромоделинг», ассистент Кафедры Инженерной и экологической геологии Геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

Гизатуллин Рушан Рафаэлевич

Инженер-геотехник ООО «НИП-Информатика»

Ермолов Александр Александрович

Научный сотрудник Научно-исследовательской лаборатории геоэкологии Севера Кафедры геоморфологии и палеогеографии Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, к.г.н.

Жидков Роман Юрьевич

Начальник группы разработки программного обеспечения по геологии ГБУ «Мосгоргеотрест», к.г.-м.н.

Зайцев Андрей Александрович

Доцент кафедры "Путь и путевое хозяйство" РУТ (МИИТ), к.т.н.

Исаев Владислав Сергеевич

Старший научный сотрудник Кафедры геокриологии Геологического факультета МГУ, к.г.-м.н.

Королев Владимир Александрович

Профессор Кафедры инженерной и экологической геологии Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, д.г.-м.н., член-корреспондент Российской академии естественных наук (РАЕН) по секции наук о Земле

Латыпов Айрат Исламгалиевич

Руководитель Лаборатории по исследованию грунтов в строительстве, доцент по специальности «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение», член национального реестра специалистов в области строительства, эксперт Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан, к.т.н.

Маштаков Александр Сергеевич

Главный специалист ООО Арктический научный центр (Роснефть), руководитель Волгоградского отделения Общественной организации Российское геологическое общество, эксперт Российского газового общества, к.г.-м.н.

Мирный Анатолий Юрьевич

Старший научный сотрудник Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, руководитель проекта «Независимая геотехника», к.т.н.

Миронюк Сергей Григорьевич

Доцент/старший научный сотрудник Кафедры инженерной и экологической геологии Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, научный сотрудник ООО «Центр морских исследований МГУ им. М.В. Ломоносова», к.г.-м.н.

Пиоро Екатерина Владимировна

Генеральный директор ООО «Петромоделинг Лаб», к.г.-м.н.

Самарин Евгений Николаевич

Профессор Кафедры инженерной и экологической геологии Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, д.г.-м.н.

Судакова Мария Сергеевна

Старший преподаватель Кафедры сейсмологии и геоакустики Геологического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова, Научный сотрудник института Криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН, к.ф.-м.н.

Слободян Владимир Юрьевич

Генеральный директор АО «Институт экологического проектирования и изысканий» (АО «ИЭПИ»)

Труфанов Александр Николаевич

Заведующий лабораторией «Методов исследования грунтов» НИИОСП им. Н.М. Герсванова, АО «НИЦ Строительство», к.т.н., Почетный строитель России

Федоренко Евгений Владимирович

Научный консультант ООО «НИП-Информатика», к.г.-м.н.

Фоменко Игорь Константинович

Профессор Кафедры инженерной геологии МГРИ, д.г.-м.н.

Фролова Юлия Владимировна

Доцент Кафедры инженерной и экологической геологии Геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, д.г.-м.н.

Шарафутдинов Рафаэль Фаритович

Директор НИИОСП им. Н.М. Герсванова, ученый секретарь Российского Общества по Механике Грунтов, Геотехнике и Фундаментостроению (РОМГГиФ), член ISSMGE, к.т.н.

Шац Марк Михайлович

Ведущий научный сотрудник Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН (ИМЗ), к.г.н.

ГЕОИНФО

Электронное издание

Издается с марта 2016 года.

Периодичность: 10 выпусков в год.

ISSN: 2949-0677

Префикс DOI: 10.58339

Редакцией журнала принимаются к рассмотрению статьи по следующим темам: инженерные изыскания для строительства; геотехническое проектирование; инженерная и экологическая геология; механика грунтов, геотехника, проектирование оснований и фундаментов; экология и экологические исследования; проблемы инженерно-геологического риска; методы прогнозирования, предотвращения, минимизации и ликвидации последствий опасных природных процессов и явлений; инженерная защита территории.

Учредитель:

ИП Ананко Виктор Николаевич

Издательство:

ГеоИнфо, ИП Ананко В.Н.

Адрес:

119146, РФ, Москва,
ул. 3-я Фрунзенская, 10/12

Редакция:

Ананко Виктор Николаевич
Главный редактор

Васин Михаил Васильевич
Обозреватель

Дьяченко Людмила
Специальный корреспондент

Еремеева Мария
Специальный корреспондент

Виноградова Вера
Специальный корреспондент

Дизайн и верстка:

ИП Лившиц С.С.

Официальный сайт:

Geoinfo.ru

Адрес в НЭБ:

https://elibrary.ru/title_about_new.asp?id=80357

Распространяется бесплатно.

За содержание рекламных материалов редакция ответственности не несет.

Дата выхода в свет: 02.05.2024

© Ананко Виктор Николаевич, 2024

© ГеоИнфо, 2024

Фото на обложке: www.Pixabay.com

ЭКОЛОГИЯ И КЛИМАТ. ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

Объяснение наблюдаемого потепления многолетней мерзлоты в Северном полушарии антропогенной составляющей изменений климата6
Гудмундсон Л., Кирхнер Й., Гедеке А., Нецли Й., Бискаборн Б.К.

Высотно-поясное распределение наземных позвоночных в юго-западной части Баджальского хребта18
Журавлев Е.А.

МЕХАНИКА ГРУНТОВ И ГЕОТЕХНИКА

Индивидуальное геотехническое проектирование насыпей транспортных сооружений на слабых грунтах26
Федоренко Е.В.

ПРИЛОЖЕНИЕ. ДИСКУССИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Почему строители не хотят быть BIM-прозрачными и саботируют цифровизацию42
Еремеева Мария

Технологический суверенитет: каким должно быть импортозамещение и как работать с кадрами46
Дьяченко Людмила

Чем BIM-менеджер отличается от главного инженера проекта, руководителя проекта, проектировщика и IT-специалиста50
Дьяченко Людмила

Перечень научных специальностей:

- 020102. Основания и фундаменты, подземные сооружения
- 020806. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
- 010601. Общая и региональная геология. Геотектоника и геодинамика
- 010606. Гидрогеология
- 010607. Инженерная геология, мерзловедение и грунтоведение
- 010608. Гляциология и криология Земли
- 010609. Геофизика
- 010621. Геоэкология
- 020110. Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства
- 010612. Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов
- 010616. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия
- 020106. Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология
- 010617. Океанология
- 010619. Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия
- 010620. Геоинформатика, картография
- 010622. Геодезия
- 020107. Технология и организация строительства
- 020109. Строительная механика



ECOLOGY AND CLIMATE. ENGINEERING-ECOLOGICAL SURVEY

Attributing observed permafrost warming in the Northern hemisphere to anthropogenic climate change8

Gudmundsson L., Kirchner J., Gadeke A., Noetzli J., Biskaborn B.K.

Altitudinal belt distribution of terrestrial vertebrates in the southwestern part of the Badzhal ridge18

Zhuravlev E.A.

SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICS

Individual geotechnical design of embankments of transport structures on soft soils26

Fedorenko E.V.

APPENDIX. DISCUSSION MATERIALS

Why do builders not want to be BIM-transparent and sabotage digitalization?42

Eremeyeva Mariya

Technological sovereignty: what should be import substitution and how to work with personnel46

D'yachenko Lyudmila

How does a BIM manager differ from a chief project engineer, project manager, designer and IT specialist?50

D'yachenko Lyudmila



Индивидуальное геотехническое проектирование насыпей транспортных сооружений на слабых грунтах
Стр. 26

GEOINFO

Electronic publication

Published since 2016

Publication frequency:
10 issues per year

ISSN: 2949-0677

DOI prefix: 10.58339

The editorial board of the journal accepts for consideration articles on the following topics: Site Investigation for Construction; Geotechnical Designing; Engineering and Ecological Geology; Soil Mechanics; Geotechnics; Design of Bases and Foundations; Ecology and Environmental Studies; Engineering-Geological Risk Problems; Methods for Forecasting, Preventing, Minimizing and Eliminating the Consequences of Hazardous Natural Processes and Penomena; Engineering Protection of Territories.

Founder:
Ananko Viktor Nikolaevich

Publisher:
GeoInfo, individual entrepreneur
Ananko V.N.

Address:
10/12 3rd Frunzenskaya str., Moscow,
119146, Russian Federation

Editorial staff:
editor-in-chief:
Ananko Viktor Nikolaevich;

analyst:
Vasin Mikhail Vasilyevich;

D'yachenko Lyudmila
Special Correspondent;

Eremeyeva Mariya
Special Correspondent;

Vinogradova Vera
Special Correspondent;

Designer and layout designer:
individual entrepreneur
Livshic S.S.

Official website:
Geoinfo.ru

Address in the National Electronic Library of the RF:
https://elibrary.ru/title_about_new.asp?id=80357

It is distributed for free

The editorial staff is not responsible for the content of advertising materials

Publication date: 02.05.2024

© Ananko Viktor Nikolaevich, 2024

© GeoInfo, 2024

Cover photo: www.Pixabay.com





Источник фото: Pixabay.com
The photo source: Pixabay.com

ОБЪЯСНЕНИЕ НАБЛЮДАЕМОГО ПОТЕПЛЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ В СЕВЕРНОМ ПОЛУШАРИИ АНТРОПОГЕННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

ГУДМУНДСОН Л.

Институт наук об атмосфере и климате Швейцарского федерального технологического института, г. Цюрих, Швейцария
lukas.gudmundsson@env.ethz.ch

КИРХНЕР Й.

Берлинский университет имени Гумбольдта, г. Берлин, Германия

ГЕДЕКЕ А.

Потсдамский институт исследований воздействий на климат Объединения имени Лейбница, г. Потсдам, Германия

НЕЦЛИ Й.

Институт исследований снега и лавин (SLF) Швейцарского федерального института исследований леса, снега и ландшафтов (WSL); Исследовательский центр по изменениям климата, экстремальным явлениям и природным опасностям в альпийских регионах (CERC), г. Давос-Дорф, Швейцария.

БИСКАБОРН Б.К.

Институт Альфреда Вегенера, Центр полярных и морских исследований имени Гельмгольца, г. Потсдам, Германия

АННОТАЦИЯ

Представляем вниманию читателей немного сокращенный (без дополнительных материалов) и адаптированный перевод статьи немецких и швейцарских исследователей «Объяснение наблюдаемого потепления многолетней мерзлоты в Северном полушарии антропогенной составляющей изменений климата» (Gudmundsson et al., 2022). Она была опубликована в журнале *Environmental Research Letters* («Записки по исследованиям окружающей среды») издательством британской благотворительной научной организации IOP (Institute of Physics – «Институт физики»), ставшей фактически международной. Эта статья находится в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0, которая позволяет распространять, переводить, адаптировать и дополнять ее при условии указания типов изменений и ссылки на первоисточник. В нашем случае полная ссылка на источник для представленного перевода (Gudmundsson et al., 2022) приведена в конце.

Температура многолетней мерзлоты растет во всем мире, что может привести к неблагоприятным экологическим и социально-экономическим последствиям. Однако имеющиеся в доступной литературе объяснения этого процесса антропогенной составляющей изменений климата основываются главным образом на качественных данных.

В представленной статье сравниваются ряды длительных измерений температуры многолетней мерзлоты, полученные в 15 скважинах в Северном полушарии, и изменения температуры грунтов на основе глобальных климатических моделей, разработанных на 6-м этапе Международного проекта сравнения объединенных моделей (Coupled Model Intercomparison Project 6, CMIP6), с использованием подхода, заключающегося в выявлении и объяснении изменений климата. Показывается, что ни доиндустриальная изменчивость климата, ни естественная составляющая его изменений в индустриальную эпоху не

могут объяснить наблюдаемое увеличение температуры многолетней мерзлоты, полученное на основе усреднения реальных данных по всем скважинам. Однако результаты моделирования и наблюдений согласуются между собой, если учитывать влияние антропогенных выбросов на глобальную климатическую систему, воздействие чего на температуру многолетней мерзлоты обнаруживается в некоторых скважинах даже без усреднения. Таким образом, представленные данные подтверждают вывод о том, что антропогенная составляющая изменений климата является ключевым фактором потепления многолетней мерзлоты в Северном полушарии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

многолетняя мерзлота; глобальное потепление; выявление; объяснение.

ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Гудмундсон Л., Кирхнер Й., Гедеке А., Нецли Й., Бискаборн Б.К. Объяснение наблюдаемого потепления многолетней мерзлоты в Северном полушарии антропогенной составляющей изменений климата (пер. с англ.) // Геоинфо. 2024. Т. 6. № 4. С. 16–16 DOI:10.58339/2949-0677-2024-6-4-6-16

ATTRIBUTING OBSERVED PERMAFROST WARMING IN THE NORTHERN HEMISPHERE TO ANTHROPOGENIC CLIMATE CHANGE

GUDMUNDSSON L.

Institute for Atmospheric and Climate Science, ETH Zurich, Zurich, Switzerland\

lukas.gudmundsson@env.ethz.ch

KIRCHNER J.

Humboldt University of Berlin, Berlin, Germany

GADEKE A.

Potsdam Institute for Climate Impact Research, Leibniz Association, Potsdam, Germany

NOETZLI J.

Institute for Snow and Avalanche Research (SLF) of the Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL); Research Center on Climate Change, Extremes and Natural Hazards in Alpine Regions, Davos Dorf, Switzerland

BISKABORN B.K.

Alfred Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Potsdam, Germany

ABSTRACT

We present a slightly abridged (without supplementary data) and adapted translation of the paper “Attributing observed permafrost warming in the Northern hemisphere to anthropogenic climate change” by German and Swiss researchers (Gudmundsson et al., 2022). It was published in the journal “Environmental Research Letters” by the publishing company of the British scientific society “Institute of Physics” (IOP) that is now virtually international. It is an open access article under the CC BY 4.0 license that allows it to be distributed, translated, adapted, and supplemented, provided that the types of changes are noted and the original source is referred to. In our case, the full reference to the original paper (Gudmundsson et al., 2022) used for the presented translation is given in the end.

Permafrost temperatures are increasing globally with the potential of adverse environmental and socio-economic impacts. Nonetheless, the attribution of observed permafrost warming to anthropogenic climate change has relied mostly on qualitative evidence.

This paper compares long permafrost temperature records from 15 boreholes in the Northern hemisphere to simulated ground temperatures from Earth system models contributing to CMIP6, using a climate change detection and attribution approach. The article shows that neither pre-industrial climate variability nor natural drivers of climate change suffice to explain the observed warming in permafrost temperature averaged over all boreholes. However, simulations are consistent with observations if the effects of human emissions on the global climate system are considered. Moreover, the performed analysis reveals that the effect of anthropogenic climate change on permafrost temperature is detectable at some of the boreholes. Thus, the presented evidence supports the conclusion that anthropogenic climate change is the key driver of northern hemisphere permafrost warming.

KEYWORDS:

permafrost; global warming; detection; attribution.

FOR CITATION:

Gudmundsson L., Kirchner J., Gadeke A., Noetzli J., Biskaborn B.K. Ob"yasneniye nablyudaemogo potepleniya mnogoletney merzloty v Severnom polusharii antropogennoy sostavlyayushchey izmeneniy klimata [Attributing observed permafrost warming in the Northern hemisphere to anthropogenic climate change] (translated from English into Russian) // Geoinfo. 2024. T. 6. № 4. S. 6–16 DOI:10.58339/2949-0677-2024-6-4-6-16 (in Rus.).



ВВЕДЕНИЕ

Такая подповерхностная особенность полярных и альпийских регионов, как многолетняя мерзлота (ММ), определяется как грунт, температура которого в течение многих лет остается не выше 0 °С. ММ влияет на функционирование природных и антропогенных систем в высоких широтах и высокогорных ландшафтах.

Все современные модели земной системы (МЗС, *англ.* ESM) прогнозируют масштабное сокращение распространения многолетней мерзлоты в ответ на антропогенную составляющую глобального потепления [1], которое особенно заметно в полярных и высокогорных регионах. Это указывает на растущий риск потепления и деградации ММ с далеко идущими последствиями как для местной окружающей среды, так и для динамики всей земной системы [2].

Например, в многолетней мерзлоте хранится примерно в два раза больше углерода, чем в настоящее время содержится в атмосфере планеты [3]. Благодаря процессам, известным как «обратная связь в системе “углеродный цикл – ММ”», расщепление органического углерода, связанное с деградацией ММ, может привести к выбросу в атмосферу большого количества парниковых газов и таким образом еще больше многолетней мерзлоты может оказать существенное воздействие на растительность [5] и гидрологические условия тундры [6], вызвать повреждения инфраструктуры [7, 8] или затруднить движение наземного транспорта в зимнее время [9]. А в условиях крутых склонов потепление ММ связано с увеличением масштабов и частоты склоновых (гравитационных) явлений, таких как камнепады [10–12].

В процессе научных наблюдений был зафиксировано постоянное изменение теплового состояния многолетней мерзлоты в последние годы. Например, было показано, что ее температура повышается в региональном [13–17] и глобальном [18–21] масштабах. Основным фактором потепления многолетней мерзлоты является повышение температуры воздуха. Но свой вклад также вносит дополнительное тепло, поступающее с атмосферными осадками [22], и эффекты, связанные с изменением изолирующей функции снежного покрова [23]. Потепление ММ дополнительно модулируется свойствами грунта, содержанием подземного льда, гидрологическими условиями или растительным покровом [21, 24].

Хотя потепление многолетней мерзлоты связано с повышением температуры атмосферного воздуха, наблюдаемое увеличение ее температуры до сих пор однозначно не связывали с антропогенной составляющей изменений климата. Точнее, до сих пор оставалось неясным, можно ли объяснить повышение температуры ММ антропогенной составляющей глобального потепления или же в основном его естественной составляющей.

Такие вопросы решаются с помощью такого подхода, как выявление потепления и объяснение его причин, который используется для оценки воздействия антропогенных выбросов на климат Земли [25–27]. Термин «выявление» здесь относится к «демонстрации того, что наблюдаемое изменение существенно отличается... от естественной изменчивости климата» [25]. Кроме того, приписывание наблюдаемого потепления влиянию антропогенных выбросов включает «демонстрацию того, что выявленные изменения согласуются со смоделированными, вызванными... антропогенными изменениями [например, концентрации парниковых газов] в составе атмосферы... и не согласуются с альтернативными объяснениями недавних... изменений...» [25].

Традиционно основное внимание в исследованиях по выявлению изменений и их объяснению уделялось крупномасштабным климатическим индикаторам, включая глобальные температуры воздуха [28] или зональные атмосферные осадки [29].

Все больше ученых связывают изменения в наземных системах, в том числе в речном стоке [30, 31], доступности воды [32], индикаторах засух [33] и глобальных озерных системах [34], с антропогенной составляющей изменений климата.

Рассматривая вопрос потепления многолетней мерзлоты в глобальном масштабе, авторы работы [35] продемонстрировали, что наблюдаемые изменения индекса ММ на основе температуры воздуха не согласуются с природными факторами и что в качестве объяснения необходимо рассматривать антропогенные выбросы.

Хотя предыдущие оценки и показали, что атмосферные факторы, влияющие на многолетнюю мерзлоту, меняются в ответ на антропогенные выбросы [35], до сих пор не ясно, в какой степени можно выявить влияние антропогенной составляющей изменений климата при прямых наблюдениях за температурой ММ. Однозначное объ-

яснение трендов изменений температуры ММ осложняется тремя факторами.

Во-первых, мониторинг многолетней мерзлоты основан на измерениях температуры грунта в скважинах [36]. Их бурение и длительная эксплуатация на удаленных объектах в холодном климате представляют собой сложные задачи. Поэтому количество таких скважин является ограниченным, пространственное распределение – неравномерным, а в некоторых регионах их практически нет [19]. Традиционно измерения в скважинах управлялись на региональном уровне или в рамках исследовательских проектов и работ институтов [37, 38], что еще больше усложняло оценки в глобальном масштабе. Только за последнее десятилетие Сеть глобального мониторинга криолитозоны (Global Terrestrial Network for Permafrost, GTN-P) возглавила усилия по сбору и обработке результатов долгосрочных наблюдений за многолетней мерзлотой [39, 40]. Кроме того, Глобальная служба наблюдений за криосферой (Global Cryosphere Watch) Всемирной метеорологической организации, Сеть наземных многопрофильных обсерваторий для изучения арктических взаимосвязей [41] и др. стали заинтересованными в организации и обмене данными долгосрочного мониторинга ММ.

Во-вторых, естественная изменчивость климата и окружающей среды часто маскирует признаки изменений климата в масштабе той или иной станции наблюдений [42]. Поэтому исследования по выявлению и поиску объяснений этих признаков обычно полагаются на сильное пространственное или временное агрегирование данных из многих мест для различения показателей глобальных изменений климата и его локальной изменчивости [26]. Это, например, делается путем усреднения пространственно распределенных данных (для получения глобальной средней температуры [28] или др.) или путем преобразования временной информации в пространственные модели трендов (региональных тенденций в изменениях речного стока [31] или др.). Поэтому ограничивающим фактором может быть недостаточное количество обсерваторий для долгосрочных наблюдений за многолетней мерзлотой в глобальном масштабе. Однако некоторые особенности динамики температуры ММ могут способствовать надежному выявлению и объяснению изменений климата даже в масштабе той или иной станции. В част-

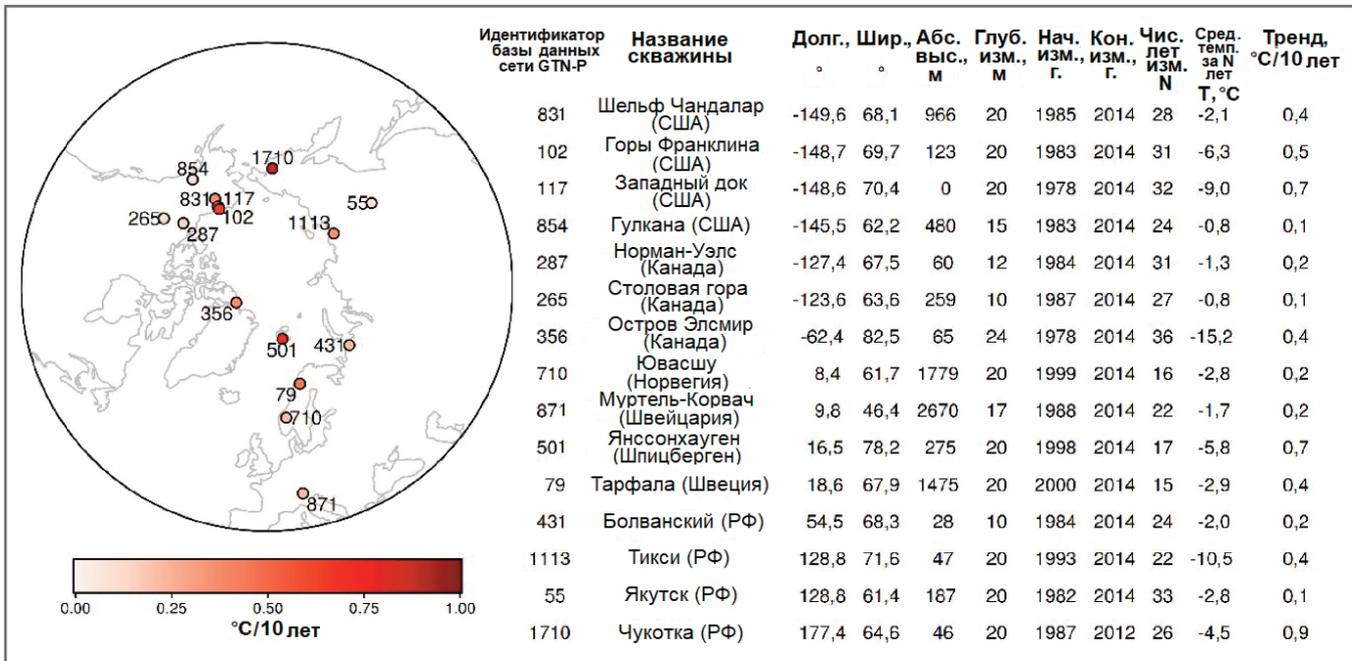


Рис. 1. Пространственное распределение рассматриваемых в статье скважин

ности, временная изменчивость температуры грунта сглаживается с увеличением глубины от поверхности земли, поэтому результаты измерений на глубине отражают долговременные климатические изменения [18]. Например, амплитуда сезонного цикла исчезает на уровне нулевых амплитуд (нулевых амплитуд годового хода температур), который обычно находится на глубине 15–20 м [18]. Следовательно, реакция температуры грунта ниже этого уровня на тренды температуры атмосферного воздуха меньше зависит от краткосрочной изменчивости, что делает ее идеальной для мониторинга долгосрочных изменений климата. Можно полагать, что такой естественный «фильтр» способствует уменьшению влияния хаотичной локальной изменчивости климата и, следовательно, повышает выявляемость общей тенденции в изменениях климата.

В-третьих, особые свойства холодных климатических систем могут еще больше изменить и даже ослабить потепление многолетней мерзлоты по сравнению с повышением температуры воздуха. Например, снежный покров может оказывать значительное влияние на температуру грунта, поскольку он изолирует поверхность земли от атмосферных условий. Более того, богатый льдом грунт при температуре лишь немного ниже 0 °C не отражает рост температуры воздуха через повышение температуры грунта, поскольку энергия расходуется на фазовый переход (влия-

ние скрытой теплоты). На этом этапе температура грунта остается более или менее постоянной.

Цель представленной работы – проверка гипотезы о том, что влияние человека на климатическую систему является ключевым фактором наблюдаемого потепления многолетней мерзлоты. Для ее достижения авторы используют подход, заключающийся в выявлении и объяснении изменений климата, и оценивают вероятность наблюдаемого потепления ММ с учетом результатов моделирования доиндустриальных и исторических изменений климата.

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДАННЫЕ ►

Наблюдаемая температура многолетней мерзлоты ►

Для обеспечения воспроизводимости рассматривались длинные временные ряды температур многолетней мерзлоты, полученные по данным сети GTN-P [39, 40] и по доступным данным из интернета [43]. Они были выбраны на основе их качества и временного охвата с последующим переводением в годовые средние значения, а также взяты из работы [18]. Эти временные ряды дали информацию для примерной глубины нулевых годовых амплитуд. Для данного исследования были выбраны скважины с длительностью наблюдений не менее 15 лет до 2014 года, поскольку этот год соответствовал времени окончания экспериментов по моделированию исторических результатов наблю-

дений. В результате было выбрано 15 скважин с измерениями, охватившими 37-летний период (1978–2014 гг.), хотя не все из них имели одинаковый временной охват (рис. 1).

Моделирование МЗС ►

Рассматривались временные ряды температуры грунта, полученные на основе МЗС. Целью моделирования было выявление основных аспектов динамики земной системы путем совместного моделирования систем океана, атмосферы и суши. Показатели для суши обычно нужны для отражения водного и энергетического баланса и учета криосферных процессов, таких как динамика снега. Грунты в МЗС были представлены наборами слоев, которые могут хранить и обмениваться энергией и водой и поэтому могут имитировать тепловое состояние подповерхностной среды.

В этом исследовании использовались МЗС, принявшие участие в 6-м этапе Международного проекта сравнения объединенных моделей (Coupled Model Intercomparison Project 6 – CMIP6) [44].

Для характеристики изменчивости климата без влияния человека применялись модели долговременных доиндустриальных изменений климата при постоянном воздействии солнечного излучения (разбитые на не перекрывающиеся друг друга 37-летние сегменты) [44]. В системе выявления и объяснения изменений климата такие модели можно использовать для оценки вероятности того, что наблюдаемое из-

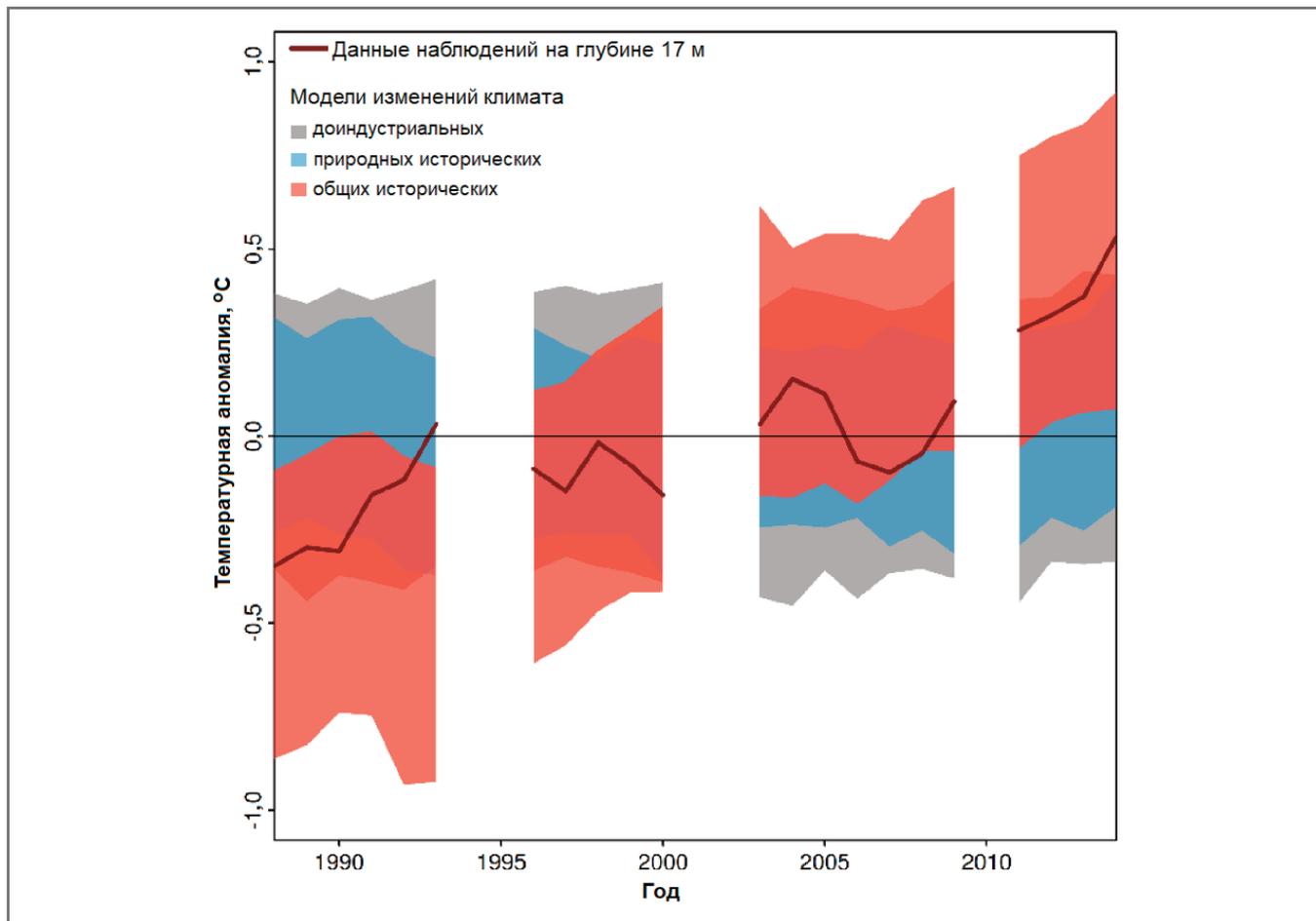


Рис. 2. Наблюдавшиеся и смоделированные аномалии (относительно условно нулевого значения) температуры грунта в скважине в скальном леднике Муртель-Корвач в Швейцарских Альпах. Модельные данные приведены в диапазоне от 10-го до 90-го процентиля в соответствии с временными охватами наблюдений

менение могло произойти только из-за естественных изменений климата без влияния человека.

Модели общих исторических изменений климата учитывали влияние антропогенных выбросов (парниковых газов, аэрозолей) на климатическую систему на протяжении прошлого столетия и вплоть до 2014 года [44]. Кроме того, эти модели также учитывали влияние естественных вариаций солнечного излучения и крупных извержений вулканов. Их можно использовать для оценки того, согласуются ли наблюдаемые изменения с данными МЗС, на которые влияют все соответствующие воздействия.

Модели естественной составляющей исторических изменений климата похожи на модели его общих исторических изменений, но учитывают только воздействие вариаций солнечного излучения и крупных извержений вулканов на протяжении прошлого столетия [45]. Они использовались для исследования того, достаточны ли естественные вариации воздействия солнечного излучения для выявления наблю-

даемых тенденций с использованием МЗС.

Все данные из проекта SMIP6 подготавливались посредством централизованной предварительной обработки [46], которая обеспечивала согласованность данных и включала интерполяцию результатов моделирования с их интеграцией в общей сетке с ячейками размером $2,5^\circ$.

Для моделирования общих исторических и естественных исторических изменений климата учитывались только данные, охватывавшие временной интервал наблюдений.

Всего для рассматриваемых исследований было доступно 500, 116 и 659 моделей общих исторических, природных исторических и доиндустриальных изменений соответственно.

Совместное рассмотрение данных МЗС и результатов наблюдений ▶

Данные МЗС сравнивали с результатами измерений в скважинах следующим образом. Сначала выбирали только те ячейки сетки, которые содержали

скважины. Затем годы, в которых отсутствовали наблюдения, сочли отсутствующими для каждой отдельной ячейки сетки. Из-за различий в том, как МЗС представляют береговые линии при сетках с крупными ячейками, количество доступных моделей для скважин в прибрежных регионах могло быть уменьшено.

В каждой из ячеек сетки использовался слой грунта, который располагался ближе всего к глубине наблюдений. Поскольку не все модели охватывали глубину измерений, также рассматривалось подмножество моделей с уровнем залегания рассматриваемого слоя грунта, соответствующим глубине наблюдений. Отметим, что для скважины Янсонхауген на Шпицбергене [47] отсутствовали модели для природных исторических изменений климата.

На рисунке 2 показаны предварительно обработанные временные ряды наблюдавшихся и смоделированных аномалий (относительно условно нулевого значения) температуры на глубине 17 м в скважине, пробуренной в скальном леднике Муртель-Корвач в Швейцар-



ских Альпах, за которой наблюдает Швейцарская сеть мониторинга многолетней мерзлоты (PERMOS) [49]. Эти временные ряды выравнились так, чтобы иметь нулевые средние величины, а значения в годы, когда отсутствовали зарегистрированные результаты измерений, также устанавливались в моделях на ноль. Для облегчения визуализации на рисунке 2 вместо отдельных ходов температуры для моделей показан диапазон от 10-го до 90-го перцентиля.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ►

Оценка трендов ►

Изменения наблюдавшейся и смоделированной температуры грунта количественно определялись с использованием линейных трендов во времени, оцененных с помощью обычной линейной регрессии в каждой локации. Тенденции выражались в таких единицах изменений, как °C/10 лет. Затем вычислялся средний тренд по всем локациям. Эта процедура привела к единой оценке среднего тренда в Северном полушарии для результатов наблюдений и каждого модельного эксперимента.

Выявление и объяснение изменений климата под антропогенным воздействием ►

Здесь будем следовать приведенному выше определению выявления и объяснения климатических изменений [25] и оценивать наблюдаемую тенденцию в контексте МЗС-экспериментов в соответствии с моделями доиндустриальных, общих исторических и естественной составляющей исторических изменений климата.

Для каждого модельного эксперимента в рамках проекта CMIP6 использовалось большое количество доступных выборок для получения эмпирического распределения трендов. Выявление изменений климата может потребоваться, если наблюдаемая тенденция маловероятна с учетом трендов, вытекающих из моделирования доиндустриальных климатических вариаций.

Чтобы утверждать, что изменения климата были вызваны деятельностью человека, необходимо выполнить следующие два условия. Во-первых, наблюдаемый тренд должен согласовываться с результатами моделирования общих исторических изменений климата. Во-вторых, наблюдаемая тенденция должна быть несовместима с трендами, вытекающими из моделирования есте-

ственной составляющей исторических изменений климата. Другими словами, можно говорить о выявлении, если рассматриваемые модели воспроизводят наблюдаемую тенденцию только с учетом влияния человека на климатическую систему.

Вероятность наблюдаемого тренда с учетом результатов модельных экспериментов количественно оценивается с использованием приблизительных величин p -уровня ее значимости (p -value), применяемого для оценки достоверности результата и определяемого как доля смоделированных тенденций, которые меньше наблюдаемого тренда. Очень большие или очень маленькие значения p -уровня указывают на то, что наблюдаемая тенденция маловероятна с учетом результатов рассматриваемого модельного эксперимента. В частности, большие величины p -уровня значимости говорят о том, что наблюдаемая тенденция превышает ожидаемые тренды. Здесь следуем терминологии и понятиям, выверенным Межправительственной группой экспертов по изменениям климата (МГЭИК, англ. IPCC) [49], и используем следующие значения: $p > 0,66$ – для обозначения вероятного выявления изменений климата, $p > 0,9$ – весьма вероятного, $p > 0,99$ – практически достоверного. Средние величины p (например, $p \approx 0,5$) указывают на согласованность между наблюдаемыми и смоделированными изменениями.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ►

Сравнение разброса для полного и сокращенного набора моделей ►

Сначала сравнивались разбросы для полного и сокращенного наборов моделей (сокращенный набор содержал только модели, охватывавшие глубину наблюдений). Результаты сравнения показали, что дисперсия для полного набора однозначно превышает таковую для сокращенного набора. Эта особенность может быть связана либо с меньшим размером выборки сокращенного набора, либо с более интенсивным ослаблением изменений моделируемой температуры грунта за каждое десятилетие с увеличением глубины. Таким образом, независимо от причин разницы в дисперсии ожидается, что оценка полного набора будет более консервативной, то есть для него наблюдаемые тренды с меньшей вероятностью окажутся в «хвостах» распределений, вытекающих из моделей.

Поэтому далее в целях предосторожности речь будет идти только о полном наборе (однако все производимые вычисления для него оставались такими же, как и для сокращенного набора).

Средний тренд по всем скважинам ►

Наблюдавшиеся и смоделированные средние тренды по всем скважинам показаны на рисунке 3, а. Средняя тенденция по результатам наблюдений соответствует росту температуры со скоростью около 0,4 °C/10 лет. Средние тренды, определенные при моделировании доиндустриальных и естественных исторических изменений климата, колеблются около нулевого уровня. Более того, наблюдаемая тенденция с высокой степенью достоверности ($p > 0,99$) превышает тренды, возникающие из-за природной изменчивости климата, и весьма вероятно ($p > 0,9$) превышает тренды, связанные с изменениями климата из-за сильно действующих природных факторов (рис. 3, б).

Напротив, тенденции, полученные при моделировании общих исторических изменений климата, четко отражают наблюдаемые. Это показывает, что наблюдаемый средний тренд можно объяснить только с помощью МЗС, сгенерированных по данным общих исторических изменений, учитывающих солнечное излучение и антропогенные выбросы.

Таким образом, анализ, представленный на рисунке 3, показывает, что наблюдаемые температуры многолетней мерзлоты в рассматриваемых скважинах отражают признаки изменений климата (и не согласуются с моделями его доиндустриальных изменений), которые можно отнести к антропогенным изменениям (согласуются с моделями общих исторических изменений и не согласуются с моделями естественных исторических изменений). Дополнительный анализ, основанный на сокращенном наборе, подтвердил эти результаты.

Тренды по данным отдельных скважин ►

С учетом значимых результатов, полученных на основе среднего тренда по всем скважинам, также была исследована вероятность наблюдаемых трендов в отдельных местах с учетом результатов моделирования доиндустриальных, естественной составляющей исторических и общих исторических изменений климата.

На рисунке 4 отражены p -уровни значимости наблюдаемых трендов во

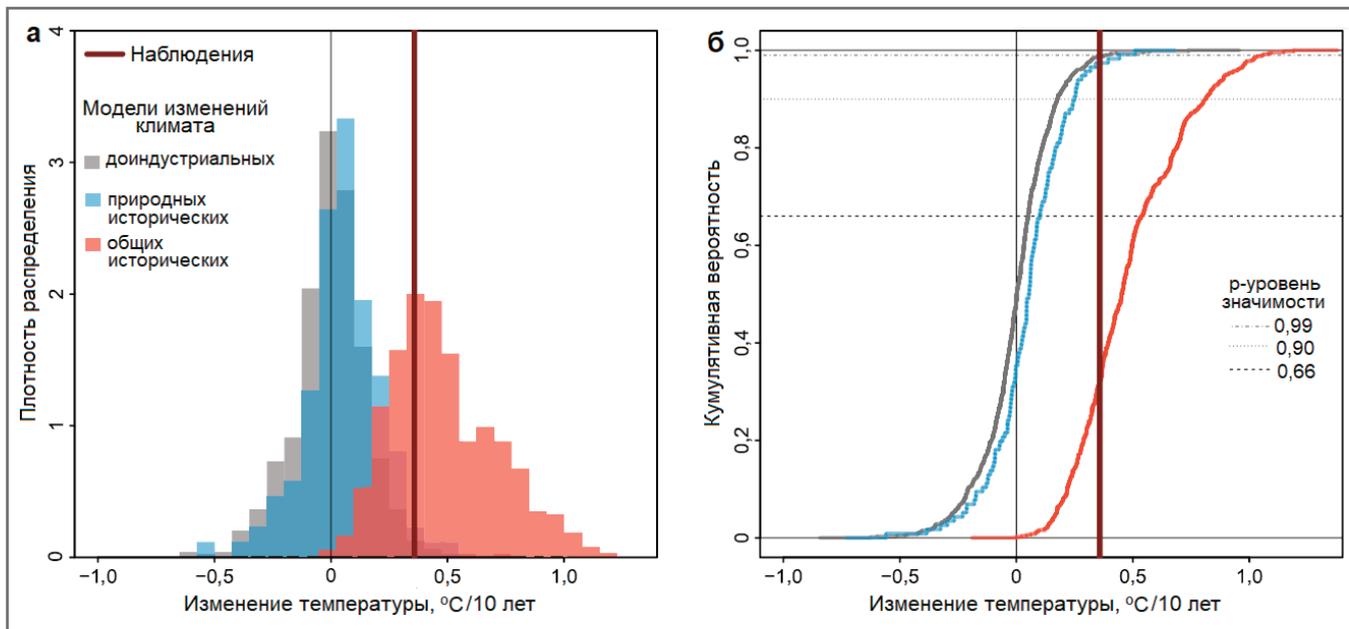


Рис. 3. Наблюдаемые и смоделированные средние тренды изменений температур многолетней мерзлоты на всех станциях наблюдений: а – гистограммы средних трендов, полученных в результате моделирования доиндустриальных, исторических природных и общих исторических изменений климата (вертикальная линия показывает глобальное среднее значение наблюдаемых трендов); б – эмпирические функции распределения трендов по рассмотренным климатическим моделям наряду с наблюдаемым средним трендом (горизонтальные линии указывают приближительные величины p -уровня значимости, рассмотренные для данного исследования)

всех местах расположения скважин для каждого модельного эксперимента. Несмотря на низкое отношение «сигнал/шум», ожидаемое при анализе для отдельных скважин, моделирование доиндустриальных и естественной составляющей исторических изменений климата всегда дает $p > 0,66$, а для шести скважин даже получилось, что $p > 0,9$ или $p > 0,99$. Это показывает, что наблюдаемые тенденции в ходе температуры грунта во всех скважинах с большой вероятностью превышают ожидаемые тренды только из-за естественной составляющей исторических изменений климата. Более того, в большинстве скважин наблюдаемые тенденции согласуются с результатами моделирования общих исторических изменений климата, учитывающего влияние человека на климатическую систему. При этом в некоторых случаях очень низкие p -уровни значимости указывают на то, что тренды, полученные на основе таких моделей, могут систематически превосходить наблюдаемые тенденции. Это может быть напрямую связано с наблюдаемыми и смоделированными временными рядами, для которых смоделированное общее историческое потепление меньше, чем наблюдаемое повышение температуры в соответствующих местах.

Результаты анализа **сокращенного набора, в котором рассматривались только модели, достигавшие глубины наблюдений**, в целом согласуются

с результатами, полученными на основе полного набора. Тем не менее отмечаются некоторые различия.

Для *сокращенного набора моделей доиндустриальных изменений* приближительные значения p -уровня значимости результатов анализа в основном больше ($p < 0,9$ в 10 из 15 случаев), что указывает на более высокую достоверность выявления систематического тренда в масштабе отдельных скважин. Это, в свою очередь, согласуется с меньшим разбросом данных сокращенного набора.

Подобные закономерности обнаружены в большинстве скважин для *сокращенного набора моделей естественной составляющей исторических изменений*. Однако последнее следует интерпретировать с осторожностью, поскольку сокращенный набор в случае моделирования естественной составляющей состоит только из девяти данных для большинства мест расположения скважин, что подразумевает весьма неопределенные примерные значения p -уровня значимости.

Интересно, что анализ результатов при *сокращенном наборе моделей общих исторических изменений* приводит к большим приближительным значениям p -уровня значимости ($p > 0,66$ и $p > 0,9$) в шести местах. Это означает, что для этих скважин наблюдаемые тренды значительно превышают модельные. В этих случаях тщательное из-

учение соответствующих временных рядов показывает, что моделирование общих исторических изменений действительно демонстрирует тенденцию к потеплению, но недооценивает наблюдаемый тренд.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ►

Целью представленного исследования была оценка вероятности наблюдаемых трендов изменений температуры многолетней мерзлоты с помощью моделирования, учитывающего естественное и антропогенное влияние на климатическую систему в рамках системы выявления и объяснения изменений климата [25]. Для этого тренды изменений температуры многолетней мерзлоты, полученные по данным долгосрочных измерений в разных скважинах, сравнивались с распределениями трендов, полученных на основе больших наборов МЗС для доиндустриальных, естественной составляющей исторических и общих исторических изменений температуры при различных воздействиях солнечного излучения. Таким образом, выполненный анализ объединил данные наблюдений и МЗС с использованием эмпирического подхода на основе множества доступных выборок для каждого из рассматриваемых модельных экспериментов.

Отметим, что эмпирический подход к выявлению и объяснению изменений климата делает анализ потенциально

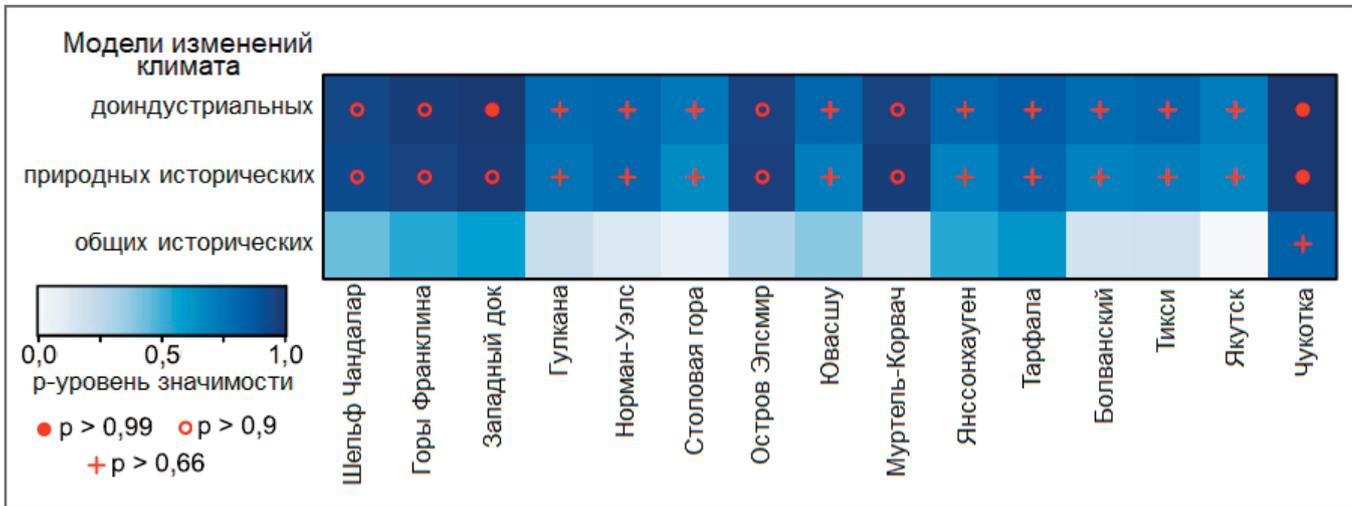


Рис. 4. Приблизительные p -уровни значимости наблюдаемых тенденций по результатам модельных экспериментов для доиндустриальных, природных исторических и общих исторических изменений климата. Большие значения p указывают на то, что наблюдаемый тренд превышает ожидаемый на основе моделирования. Промежуточные значения – на то, что наблюдаемый тренд соответствует результатам моделирования

чувствительным в случае ограниченных выборок моделей, используемых для оценки распределений трендов. Более того, рассмотрение набора возможных трендов в рамках архива проекта СМIP6 придает больший вес моделям с большим количеством членов набора начальных условий или с более долгим моделируемым доиндустриальным периодом.

Однако при теоретически более сложных подходах к выявлению и объяснению изменений климата делаются более сильные допущения относительно лежащей в основе статистической модели, обычно с включением нормального распределения случайных (остаточных) погрешностей, а также аддитивности изменений климата по естественным причинам и под влиянием человеческой деятельности [50, 51]. Хотя такие допущения часто имеют смысл и требуются для улучшения отношения «сигнал/шум», полученные в результате методы усложняют анализ и вносят в него неопределенность.

В представленном исследовании, в свою очередь, в полной мере использовалось множество интеграций данных в моделях для эмпирической аппроксимации распределений трендов изменений температуры многолетней мерзлоты при различных воздействиях солнечного излучения.

Также отметим наличие неопределенностей, связанных с упрощающими допущениями, которые необходимы при моделировании тепловых свойств грунтов в МЗС в глобальном масштабе. Например, имеется несоответствие между масштабами на уровне скважин

и на уровне разрешения моделей. Более того, модели существенно различаются по максимальной глубине залегания грунта и количеству его рассматриваемых слоев. К тому же несовершенная физика модели и процессы за пределами ее возможного разрешения могут вызвать ошибки в результатах моделирования. Более того, температуры в МЗС могут быть смещены, что приводит к различиям в их абсолютных значениях по сравнению с данными наблюдений. И наконец, не все рассматриваемые МЗС достигают глубины наблюдений.

Для сбалансированной оценки свидетельств в пользу потепления климата помимо неопределенностей в моделях необходимо учитывать пределы данных наблюдений. Самое главное, что для обеспечения воспроизводимости результатов были использованы только данные по скважинам, собранные авторами работы [18], которые находятся в открытом доступе [43]. Кроме того, в доступных климатических моделях использовались только данные наблюдений до 2014 года, что еще больше снизило вероятность выявления систематических трендов не в пользу естественных изменений климата. К тому же на наблюдения за температурой грунта в масштабах отдельных скважин значительное влияние оказывают условия окружающей среды в соответствующих местах (например, характеристики грунта и поверхностного покрова) и изменчивость климата (например, небольшие колебания температуры воздуха и атмосферных осадков), которые могут скрывать основные сигналы об изменениях климата.

Чтобы преодолеть эти проблемы, были приняты следующие меры по улучшению отношения «сигнал/шум».

Во-первых, при разработке способов анализа основное внимание уделялось температурам многолетней мерзлоты на глубине нулевых амплитуд их колебаний в течение года. На такой глубине температура ММ имеет незначительную внутригодовую и более низкую межгодовую изменчивость по сравнению с температурой поверхности земли. Поэтому краткосрочные климатические колебания оказывают там меньшее влияние на температуру ММ.

Во-вторых, анализ фокусировался на сравнении долгосрочных трендов, которые обусловлены общими изменениями климатических условий.

В-третьих, первичный анализ в представленном исследовании был сосредоточен на среднем тренде по всем скважинам, который уменьшил влияние естественной пространственной изменчивости климатических условий и, следовательно, еще больше увеличил отношение «сигнал/шум». К тому же дополнительный анализ подтвердил достоверность полученных результатов только при рассмотрении МЗС, достигавших глубин залегания грунтов, соответствующих реальным измерениям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ►

Выполненный анализ с высокой степенью достоверности подтвердил вывод о том, что наблюдаемый средний тренд изменений температуры многолетней мерзлоты во всех скважинах не согласуется с естественной составляющей исторических изменений климата и что

МЗС отражают наблюдаемый средний тренд только в том случае, если учитывается влияние человека на климатическую систему.

Кроме того, вторичный анализ выявил влияние антропогенной составляющей глобального потепления на температуру многолетней мерзлоты в масштабе скважин. Несмотря на снижение статистической достоверности, это примечательно, поскольку, как правило, считается, что выявлению и объяснению причин изменений климата в отдельных местах препятствует значительная пространственная изменчивость окружающей среды и климата [42, 52].

Хотя полученные результаты дали весомые доказательства в поддержку гипотезы о том, что влияние человека на климатическую систему приводит к наблюдаемому повышению температуры многолетней мерзлоты, следует отметить, что они отразили только то, что было возможно с помощью МЗС последнего поколения и рассмотренных данных наблюдений. Поэтому эти результаты не следует интерпретировать изолированно. Но здесь важно напомнить, что итоги представленного исследования полностью согласуются с современными представлениями о влиянии антропогенной составляющей изменений климата на температуру ММ [1,

2, 35]. Тем не менее сохраняется острая необходимость в постоянных глобальных усилиях по наблюдениям за температурой многолетней мерзлоты в Арктике и в горных регионах и распространению полученной информации для мониторинга воздействия изменений климата и для содействия адаптации к этим изменениям в условиях повышенных темпов потепления на указанных территориях.

Таким образом, в целом представленное исследование показало, что средний тренд изменений температур многолетней мерзлоты в 15 скважинах в разных местах Северного полушария можно объяснить только с помощью МЗС при учете влияния антропогенных выбросов на климатическую систему и что систематические тренды изменений климата можно заметить даже в масштабе скважин. Следовательно, комбинированный анализ средних трендов изменений температуры по всем локациям и их оценка в отдельных скважинах подтверждают гипотезу о том, что наблюдаемое потепление многолетней мерзлоты может быть связано с антропогенной составляющей изменений климата. **И**

Создание климатических моделей является результатом шестой фазы проекта CMIP6. Они доступны через

Федерацию сетей систем Земли (Earth system grid federation, ESGF, <https://esgf-node.llnl.gov/projects/cmip6/>). Авторы выражают благодарность Урсу Байерле, Лукасу Бруннеру и Рут Лоренц за обработку данных по проекту CMIP6 и авторам работы [19], собравшим среднегодовые данные наблюдений за состоянием многолетней мерзлоты. Эти данные доступны для скачивания по электронному адресу: <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.930669>. Следует отметить, что некоторые метаданные временных рядов являются приблизительными. Доступ к точным метаданным можно получить по электронному адресу: <http://gtnpdatabase.org/boreholes/xuz> (где xuz обозначает идентификатор в проекте GTN-P). Авторы также признательны всем остальным лицам и учреждениям, которые внесли свой вклад в долговременные наблюдения за температурой многолетней мерзлоты. Кроме того, была оказана поддержка со стороны Федерального министерства образования и науки Германии (BMBWF), Европейского исследовательского подразделения сервисов по климату (ERA4CS) по проекту ISIPedia (ссылка на финансирование: 518, № 01LS1711C), Программы исследований и инноваций Европейского Союза Horizon 2020 по грантовому соглашению № 101003687.

ИСТОЧНИК ДЛЯ ПЕРЕВОДА ►

(SOURCE FOR THE TRANSLATION) ►

Gudmundsson L., Kirchner J., Gadeke A., Noetzli J., Biskaborn B.K. Attributing observed permafrost warming in the northern hemisphere to anthropogenic climate change // Environmental Research Letters. 2022. Vol. 17. № 9. Article 095014. DOI:10.1088/1748-9326/ac8ec2. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac8ec2>.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ, ИСПОЛЬЗОВАННОЙ АВТОРАМИ ПЕРЕВЕДЕННОЙ СТАТЬИ ►

(REFERENCES USED BY THE AUTHORS OF THE TRANSLATED PAPER) ►

1. Burke E.J., Zhang Y., Krinner G. Evaluating permafrost physics in the Coupled Model Intercomparison Project 6 (CMIP6) models and their sensitivity to climate change // Cryosphere. 2020. Vol. 14. P. 3155–3174.
2. IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781009157964>.
3. Schuur E.A.G., Vogel J.G., Crummer K.G., Lee H., Sickman J.O., Osterkamp T.E. The effect of permafrost thaw on old carbon release and net carbon exchange from tundra // Nature. 2009. Vol. 459. P. 556–559.
4. Schuur E.A.G. et al. Climate change and the permafrost carbon feedback // Nature. 2015. Vol. 520. P. 171–179.
5. Jin X.-Y., Jin H.-J., Iwahana G., Marchenko S.S., Luo D.-L., Li X.-Y., Liang S.-H. Impacts of climate-induced permafrost degradation on vegetation: a review // Adv. Clim. Change Res. 2021. Vol. 12. P. 29–47.
6. Liljedahl A.K. et al. Pan-Arctic ice-wedge degradation in warming permafrost and its influence on tundra hydrology // Nat. Geosci. 2016. Vol. 9. P. 312–318.
7. Hjort J., Karjalainen O., Aalto J., Westermann S., Romanovsky V.E., Nelson F.E., Eitzmuller B., Luoto M. Degrading permafrost puts Arctic infrastructure at risk by mid-century // Nat. Commun. 2018. Vol. 9. Article 5147.

8. Duvillard P.-A., Ravel L., Marcer M., Schoeneich P. Recent evolution of damage to infrastructure on permafrost in the French Alps // *Reg. Environ. Change*. 2019. Vol. 19. P. 1281–1293.
9. Gadeke A., Langer M., Boike J., Burke E.J., Chang J.F., Head M., Reyer C.P.O., Schaphoff S., Thiery W., Thonicke K. Climate change reduces winter overland travel across the Pan-Arctic even under low-end global warming scenarios // *Environ. Res. Lett.* 2021. Vol. 16. Article 024049.
10. Gruber S., Haeberli W. Permafrost in steep bedrock slopes and its temperature-related destabilization following climate change // *J. Geophys. Res.* 2007. Vol. 112. Article F02S18.
11. Ravel L., Deline P. 2010. Climate influence on rockfalls in high-Alpine steep rockwalls: the north side of the Aiguilles de Chamonix (Mont Blanc massif) since the end of the “Little Ice Age” // *Holocene*. 2007. Vol. 21. P. 357–365.
12. Marcer M., Cicoira A., Cusicanqui D., Bodin X., Echelard T., Obregon R., Schoeneich P. Rock glaciers throughout the French Alps accelerated and destabilised since 1990 as air temperatures increased // *Commun. Earth Environ.* 2021. Vol. 2. Article 81.
13. Etzelmüller B., Guglielmin M., Hauck C., Hilbich C., Hoelzle M., Isaksen K., Noetzli J., Oliva M., Ramos M. Twenty years of European mountain permafrost dynamics – the PACE legacy // *Environ. Res. Lett.* 2020. Vol. 15. Article 104070.
14. Vasiliev A.A., Drozdov D.S., Gravis A.G., Malkova G.V., Nyland K.E., Streletskiy D.A. Permafrost degradation in the Western Russian Arctic // *Environ. Res. Lett.* 2020. Vol. 15. Article 045001.
15. Zhao L. et al. Changing climate and the permafrost environment on the Qinghai-Tibet (Xizang) plateau // *Permafr. Periglac. Process.* 2020. Vol. 31. P. 396–405.
16. Haberkorn A., Kenner R., Noetzli J., Phillips M. Changes in ground temperature and dynamics in mountain permafrost in the Swiss Alps // *Front. Earth Sci.* 2021. Vol. 9. Article 626686.
17. Smith S.L et al. Permafrost / in “State of the Climate in 2020” // *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 2021. Vol. 102. P. 293–297.
18. Biskaborn B.K. et al. Permafrost is warming at a global scale // *Nat. Commun.* 2019. Vol. 10. Article 264.
19. Hock R. et al. High mountain areas: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate (ed. by H.-O. Portner et al. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2019. P. 131–202.
20. Noetzli J., Christiansen H.H., Isaksen K., Smith S., Zhao L., Streletskiy D.A. Permafrost thermal state / in “State of the Climate in 2019” // *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 2020. Vol. 101. P. 34–36.
21. Smith S.L, O’Neill H.B., Isaksen K., Noetzli J., Romanovsky V.E. The changing thermal state of permafrost // *Nat. Rev. Earth Environ.* 2022. Vol. 3. P. 10–23.
22. Mekonnen Z.A., Riley W.J., Grant R.F., Romanovsky V.E. Changes in precipitation and air temperature contribute comparably to permafrost degradation in a warmer climate // *Environ. Res. Lett.* 2021. Vol. 16. Article 024008.
23. Lawrence D.M., Slater A.G. The contribution of snow condition trends to future ground climate // *Clim. Dyn.* 2010. Vol. 34. P. 969–981.
24. Stuenzi S.M., Boike J., Gadeke A., Herzsuh U., Kruse S., Pestryakova L.A., Westermann S., Langer M. Sensitivity of ecosystem-protected permafrost under changing boreal forest structures // *Environ. Res. Lett.* 2021. Vol. 16. Article 084045.
25. Hegerl G.C., Karl T.R., Allen M., Bindoff N.L., Gillett N., Karoly D., Zhang X., Zwiers F. Climate change detection and attribution: beyond mean temperature signals // *J. Clim.* 2006. Vol. 19. P. 5058–5077.
26. Bindoff N.L. et al. Detection and attribution of climate change: from global to regional // *Climate Change 2013: the Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (ed. by T.F. Stocker et al.). Cambridge: Cambridge University Press, 2013.
27. Eyring V. et al. Human influence on the climate system // *Climate Change 2021: the Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (ed. by V. Masson-Delmotte et al.). Cambridge: Cambridge University Press, 2021.
28. Jones G.S., Stott P.A., Christidis N. Attribution of observed historical near-surface temperature variations to anthropogenic and natural causes using CMIP5 simulations // *J. Geophys. Res.* 2013. Vol. 118. P. 4001–4024.
29. Zhang X., Zwiers F.W., Hegerl G.C., Lambert F.H., Gillett N.P., Solomon S., Stott P.A., Nozawa T. Detection of human influence on twentieth-century precipitation trends // *Nature*. 2007. Vol. 448. P. 461–465.
30. Gudmundsson L., Seneviratne S.I., Zhang X. Anthropogenic climate change detected in European renewable freshwater resources // *Nat. Clim. Change*. 2017. Vol. 7. P. 813–816.
31. Gudmundsson L. et al. Globally observed trends in mean and extreme river flow attributed to climate change // *Science*. 2021. Vol. 371. P. 1159–1162.
32. Padron R.S., Gudmundsson L., Decharme B., Ducharme A., Lawrence D.M., Mao J., Peano D., Krinner G., Kim H., Seneviratne S.I. Observed changes in dry-season water availability attributed to human-induced climate change // *Nat. Geosci.* 2020. Vol. 13. P. 477–481.
33. Marvel K., Cook B.I., Bonfils C.J.W., Durack P.J., Smerdon J.E., Williams A.P. Twentieth-century hydroclimate changes consistent with human influence // *Nature*. 2019. Vol. 569. P. 59–65.
34. Grant L. et al. Attribution of global lake systems change to anthropogenic forcing // *Nat. Geosci.* 2021. Vol. 14. P. 849–854.

35. Guo D., Sun J., Li H., Zhang T., Romanovsky V.E. Attribution of historical near-surface permafrost degradation to anthropogenic greenhouse gas warming // *Environ. Res. Lett.* 2020. Vol. 15. Article 084040.
36. Noetzli J. et al. Best practice for measuring permafrost temperature in boreholes based on the experience in the Swiss Alps // *Front. Earth Sci.* 2021. Vol. 9. Article 607875.
37. Juliussen H, Christiansen H.H, Strand G.S, Iversen S., Midttomme K., Ronning J.S. NORPERM, the Norwegian permafrost database – a TSP NORWAY IPY legacy // *Earth Syst. Sci. Data.* 2010. Vol. 2. P. 235–246.
38. Swiss Permafrost Bulletin 2019/2020 (ed. by J. Noetzli, C. Pellet). PERMOS, 2021. 20 p.
39. Biskaborn B.K., Lanckman J.-P., Lantuit H., Elger K., Streletskiy D.A., Cable W.L., Romanovsky V.E. The new database of the Global Terrestrial Network for Permafrost (GTN-P) // *Earth Syst. Sci. Data.* 2015. Vol. 7. P. 245–259.
40. Streletskiy D., Noetzli J., Smith S.L., Vieira G., Schoeneich P., Hrbacek F., Irrgang A.M. Measurement Standards and Monitoring Guidelines for the Global Terrestrial Network for Permafrost (GTN-P). 2021. DOI:10.5281/zenodo.6075468. URL: <https://gtnp.arcticportal.org/>.
41. Boike J. et al. Standardized monitoring of permafrost thaw: a user-friendly, multiparameter protocol // *Arct. Sci.* 2022. Vol. 8. P. 153–182.
42. Stott P.A., Gillett N.P., Hegerl G.C., Karoly D.J., Stone D.A., Zhang X., Zwiers F. Detection and attribution of climate change: a regional perspective // *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Change.* 2010. Vol. 1. P. 192–211.
43. GTN-P (2021). Long-term mean annual ground temperature data for permafrost // PANGAEA. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.930669>.
44. Eyring V., Bony S., Meehl G.A., Senior C.A., Stevens B., Stouffer R.J., Taylor K.E. Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization // *Geosci. Model Dev.* 2016. Vol. 9. P. 1937–1958.
45. Gillett N.P., Shiogama H., Funke B., Hegerl G., Knutti R., Matthes K., Santer B.D., Stone D., Tebaldi C. The detection and attribution model intercomparison project (DAMIP v. 1.0) contribution to CMIP6 // *Geosci. Model Dev.* 2016. Vol. 9. P. 3685–3697.
46. Brunner L., Hauser M., Lorenz R., Beyerle U. The ETH Zurich CMIP6 Next Generation Archive: Technical Documentation // ZENODO. 2020. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3731088>.
47. Isaksen K., Sollid J.L., Holmlund P., Harris C. Recent warming of mountain permafrost in Svalbard and Scandinavia // *J. Geophys. Res.* 2007. Vol. 112. Article F02S04.
48. Swiss permafrost monitoring network database (PERMOS database) // PERMOS Data Portal. PERMOS Dataset 2021-1. 2021. DOI: <https://doi.org/10.13093/permos-2021-01>.
49. Chen D. et al. Framing, context, and methods Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (ed. by V. Masson-Delmotte et al.). Cambridge: Cambridge University Press, 2021.
50. Allen M.R., Stott P.A. Estimating signal amplitudes in optimal fingerprinting. Part I: theory // *Clim. Dyn.* 2003. Vol. 21. P. 477–491.
51. Ribes A., Zwiers F.W., Azais J.-M., Naveau P. A new statistical approach to climate change detection and attribution // *Clim. Dyn.* 2016. Vol. 48. P. 367–386.
52. Zwiers F.W., Zhang X. Toward regional-scale climate change detection // *J. Clim.* 2003. Vol. 16. P. 793–797.



Телеграм-канал журнала

Геоинфо

Независимый электронный журнал

- Новости
- Статьи
- Обсуждения

<https://t.me/geoinfobnews>

Здесь может быть ваша
РЕКЛАМА



Рекламная статья в журнале – **35 000** рублей.

В каждую статью могут быть добавлены любые дополнительные материалы: каталоги оборудования, прайсы, фотографии, видеоролики, демоверсии программ и пр.

Логотип в разделе «Спонсоры проекта» в правой колонке – **35 000** рублей в месяц.

Все наши спонсоры получают свою персональную страницу на сайте журнала, где размещается информация о компании-спонсоре, все статьи ее сотрудников, опубликованные в журнале «ГеоИнфо» или в Базе знаний, а также любые дополнительные материалы (каталоги, буклеты, видео).

Коллеги и друзья! Наше с Вами рекламное сотрудничество будет взаимовыгодным. Вы получите отличную площадку для лоббирования своих интересов, а мы – возможность и дальше развивать проект, бороться за интересы отрасли инженерных изысканий и помогать профессионалам.

WWW.GEOINFO.RU



ВЫСОТНО-ПОЯСНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАЗЕМНЫХ ПОЗВОНОЧНЫХ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БАДЖАЛЬСКОГО ХРЕБТА

ЖУРАВЛЕВ Е.А.

Эксперт по биоразнообразию
АО «ГК ШАНЭКО»

АННОТАЦИЯ

В статье приводится краткое описание пяти типов местообитаний наземных позвоночных животных, характерных для различных высотных поясов юго-западной части Баджальского хребта. Представлены сведения о видовом разнообразии наземных позвоночных в каждом типе местообитаний, полученные в результате обобщения результатов зоологических исследований, выполнявшихся АО «ГК ШАНЭКО» 1–10 октября 2018 г., 15–23 июня 2019 г. и 13–21 августа 2022 г. в составе инженерно-экологических изысканий для объектов оловорудного месторождения «Правоурмийское».

В обследованных высотных поясах отмечено 43 вида наземных позвоночных, в том числе 2 вида амфибий, 1 вид рептилий, 28 видов птиц и 12 видов млекопитающих. Самое большое видовое разнообразие наземных позвоночных в пределах рассматриваемой территории отмечено в склоновом лиственничнике (21 вид), а наименьшее – в гольцовом поясе (4 вида).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Баджальский хребет; оловорудное месторождение «Правоурмийское»; высотный пояс; инженерно-экологические изыскания; зоологические исследования; наземные позвоночные; местообитание; видовое разнообразие.

ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Журавлев Е.А. Высотно-поясное распределение наземных позвоночных в юго-западной части Баджальского хребта // Геоинфо. 2024. Т. 6. № 4. С. 18–25 DOI:10.58339/2949-0677-2024-6-4-18-25

ALTITUDINAL BELT DISTRIBUTION OF TERRESTRIAL VERTEBRATES IN THE SOUTHWESTERN PART OF THE BADZHAL RIDGE

ZHURAVLEV E.A.

Biodiversity expert at the SHANECO Group of Companies JSC

ABSTRACT

The article provides a brief description of five types of habitats of terrestrial vertebrates that are inherent in various altitudinal belts of the southwestern part of the Badzhal Ridge. Information on the species diversity of terrestrial vertebrates in each type of habitat is presented. It is a result of generalization of the results of zoological studies performed by the SHANECO Group of Companies JSC on 1–10 October 2018, 15–23 June 2019, and 13–21 August 2022 as part of engineering-environmental surveys for the objects of the Pravourmiyskoye Tin-Ore Deposit.

43 species of terrestrial vertebrates, including 2 species of amphibians, 1 species of reptiles, 28 species of birds and 12 species of mammals, were observed in the surveyed altitudinal belts. The highest species diversity of terrestrial vertebrates within the territory under consideration was founded in the slope larch forest (21 species), and the lowest diversity was founded in the loach (goltsy) altitudinal belt (4 species).

KEYWORDS:

Badzhal Ridge; Pravourmiyskoye Tin-Ore Deposit; altitudinal belt; engineering-environmental surveys; zoological research; terrestrial vertebrates; habitat; species diversity.

FOR CITATION:

Zhuravlev E.A. *Vysotno-poyasnoye raspredeleniye nazemnykh pozvonochnykh v yugo-zapadnoy chasti Badzhal'skogo hrebta [Altitudinal belt distribution of terrestrial vertebrates in the southwestern part of the Badzhal Ridge]* // *Geoinfo*. 2024. T. 6. № 4. S. 18–25 DOI:10.58339/2949-0677-2024-6-4-18-25 (in Rus.).

Введение ►

Правоурмийское оловорудное месторождение расположено в юго-западной части Баджалского хребта, находящегося в восточной части Буреинского нагорья, – на правом берегу верхнего течения реки Урми (Верхнебуреинский район Хабаровского края РФ) (рис. 1, 2). Это месторождение ограничено географическими координатами 134°08'–134°15' с.ш. и 50°22'–50°25' в.д. (с севера и юга – ручьем Аннушкин и рекой Урми, с запада и востока – рекой Ирунда-Макит и верхнем рекой Омот). Оно находится в экономически не освоенном районе в 40 км от железнодорожной трассы и в 210 км к западу от города Комсомольск-на-Амуре.

В октябре 2018 г. и июне 2019 г. зоологические исследования в пределах этой территории были в основном сосредоточены в таежной зоне, расположенной в нижних частях горных склонов в долине ручья Аннушкин и реки Ирунда-Макит, а также на террасах правого берега реки Урми. В августе 2022 г. эти исследования проводились в гольцовом

и подгольцовом поясах, а также в верхней части лесного пояса.

Важной предпосылкой для написания данной статьи стала низкая зоологическая изученность рассматриваемой территории, выявленная при работе с фондовыми данными. В частности, есть только незначительное количество публикаций, в которых приводятся весьма ограниченные сведения о позвоночных животных в пределах этого района или сообщается о некоторых видах для соседних территорий – в основном для бассейна верхнего течения реки Амгунь и Буреинского заповедника, расположенного в 140 км к северу от месторождения [1–3].

Некоторая информация об отдельных видах животных приведена в общих работах для юга Дальнего Востока и Нижнего Приамурья [4–11]. Имеются также некоторые данные по охотничьим видам [12–14].

Таким образом, зоологическую изученность данной территории можно оценить как очень низкую.

Исследования 2018, 2019 и 2022 годов позволили получить сведения для

первичной характеристики фауны наземных позвоночных юго-западной части Баджалского хребта и описания некоторых особенностей ее высотно-поясного распределения в районе размещения Правоурмийского месторождения.

Типы местообитаний наземных позвоночных на исследованной территории ►

В пределах обследованной территории было выделено 5 типов местообитаний наземных позвоночных: местообитания гольцового пояса; местообитания подгольцового пояса; лиственный; елово-пихтовый лес; русла рек и ручьев с прирусловым комплексом растительности и пойменный лес.

Местообитания *гольцового пояса* – это преимущественно курумы с незначительным участием кедрового стланика с элементами каменисто-лишайниковых, щебнистых, полигональных, кустарничковых и кустарниковых тундр.

В *подгольцовом поясе* (рис. 4) характерными местообитаниями являются крупноглыбовые курумы склоновых



Рис. 1. Вид на долину реки Урми

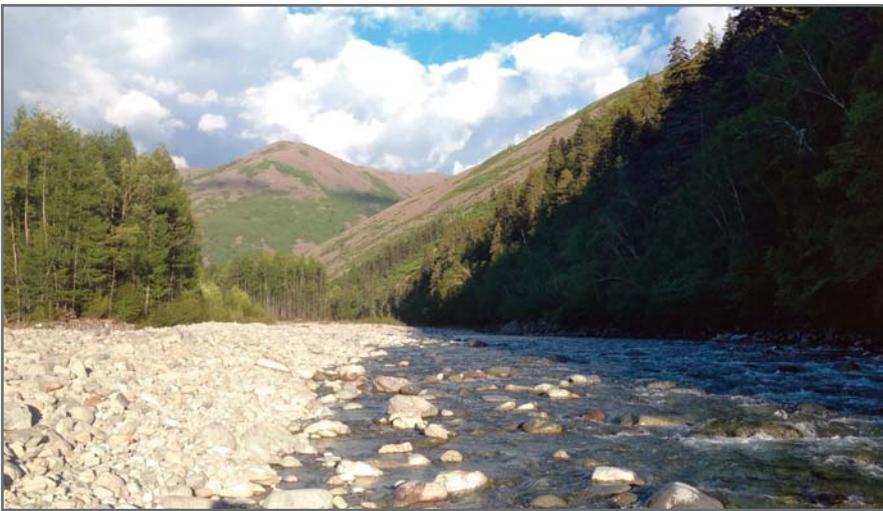


Рис. 2. Река Урми



Рис. 3. Вид на долину реки Урми и территорию Правоурмийского оловородного месторождения

кедровых стлаников и кашкарников с участием ольховника, а также фрагментарные участки лесной растительности, представленные лиственничниками кедровостланиковыми с участием ели и

пихты в сочетании с крупноглыбовыми курумами. Следует отметить, что в августе 2022 года был отмечен высокий урожай шишек кедрового стланика, а в 2018 году их урожая не было.

Конфигурация растительных сообществ, характерных для гольцового и подгольцового поясов на рассматриваемой территории, характеризуется высокой мозаичностью.

Лиственничники широко распространены на склонах различной экспозиции и крутизны. Вероятно, большинство лиственничников являются вторичными формациями, возникшими на месте елово-пихтовых лесов в результате пожаров [15, 16]. В составе древостоя господствует лиственница, встречаются ель, ольха, береза, рябина. В кустарниковом ярусе обычен кедровый стланик. Травяной покров в горных лиственничниках развит слабо, состоит из сложноцветных, лилейных, злаков, осок. На склонах часто встречаются участки курумов. Верхняя граница распространения лиственничников в пределах обследованной территории расположена на высоте около 1400 м над уровнем моря и лишь в единичных случаях достигает отметки 1600 м.

Елово-пихтовый лес приурочен к нижним частям склонов, встречается по долинам ручьев и рек. В составе древостоя доминирует ель аянская. Обычны пихта, лиственница и береза. Изредка встречаются рябина, клен желтый. Травяной покров обычно слаборазвит. Обильны мхи, на деревьях – лишайники. Распространение этого типа местообитаний в пределах исследованной площади носит фрагментарный характер. Экспертная оценка покрытия территории елово-пихтовым лесом – не более 15% обследованной площади. В пределах этого типа местообитаний встречаются участки с буреломом и курумы.

Русла рек и ручьев с прирусловым комплексом растительности и пойменный лес представлены каменистыми и песчаными обнажениями вдоль русел рек и ручьев, прирусловыми ивняками, лиственными лесами (в которых произрастают тополь, чозения, ольха, черемуха, береза) и участками елово-пихтового и лиственничного леса. Развиты кустарниковый ярус (в котором растут свидина белая, спирея, жимолость, шиповник) и травяной покров (состоящий из вейника, сложноцветных и осок). Указанный тип местообитаний обследован на прирусловых и пойменных участках долины реки Урми и ее правых притоков 1-го и 2-го порядков – реки Ирунда-Макит и ручья Аннушкин соответственно.

Анализ распределения местообитаний в различных диапазонах высот, выполненный с применением картографи-

ческих материалов, позволил определить средние высотные отметки их расположения над уровнем моря на рассматриваемом участке: гольцовый пояс – выше 1650 м, подгольцовый пояс – от 1350 до 1650 м, лиственничник – от 1250 до 1600 м, елово-пихтовый лес – от 1200 до 1450 м, русла рек и ручьев с прирусловым комплексом растительности и пойменный лес – от 900 до 1300 м.

Методы и объемы выполненных исследований ▶

Исследования фауны наземных позвоночных проводились на маршрутах, проходивших через все выделенные типы местообитаний, с использованием стандартных методик [17–19]. Для исследований мелких млекопитающих были выполнены отловы ловушками «Геро». Ввиду того что работы проводились при отсутствии снежного покрова, сведения о видовом разнообразии млекопитающих были получены в результате обнаружения следов и помета животных.

Общая протяженность маршрутов составила:

- в октябре 2018 г. – 20,8 км (в том числе 6,6 км в долине реки Урми, 3,2 км в долине реки Ирунгда-Макит, около 11 км в бассейне ручья Аннушкин)
- в июне 2019 г. – 20 км (в том числе 3 км в долине реки Урми, 5 км в долине реки Ирунгда-Макит, 12 км в бассейне ручья Аннушкин)
- в августе 2022 г. – 41 км (в том числе 2 км в долине реки Урми, 5 км в лиственничниках в верхней части лесного пояса, 24 км в подгольцовом поясе, 10 км в гольцовом поясе).

Наблюдения за присутствием мелких млекопитающих с помощью ловушек «Геро» были выполнены в следующем объеме:

- в октябре 2018 г. – 200 ловушко-суток (в том числе по 50 ловушко-суток в лиственничнике, в зарослях кедрового стланика в подгольцовом поясе, в елово-пихтовом лесу и в долинном лесу прирусловой части реки Урми);
- в июне 2019 г. – 50 ловушко-суток в зарослях кедрового стланика в подгольцовом поясе;
- в августе 2022 г. – 500 ловушко-суток (в том числе: 200 ловушко-суток в подгольцовом поясе и по 150 ловушко-суток в гольцовом поясе и в лиственничнике на высоте 1300–1450 м над уровнем моря).

Для уточнения видовой принадлежности наземных позвоночных и следов их жизнедеятельности использовалась справочная литература [20–23].



Рис. 4. Участок подгольцового пояса

Таблица 1. Видовое разнообразие наземных позвоночных, зафиксированное при проведении инженерно-экологических изысканий в районе размещения объектов Правоурмийского оловорудного месторождения

Классы наземных позвоночных	Видовое разнообразие по годам наблюдений			Видовое разнообразие за все годы наблюдений
	2018 (октябрь)	2019 (июнь)	2022 (август)	
Амфибии	–	2	–	2
Рептилии	–	1	–	1
Птицы	14	24	17	28
Млекопитающие	7	2	8	11

Видовые названия позвоночных приводились в соответствии с общепринятой номенклатурой [24–26].

Результаты исследований ▶

Общие сведения о видовом разнообразии наземных позвоночных, отмеченном в разные годы наблюдений на маршрутах и в результате отловов ловушками «Геро», приведены в таблице 1.

В октябре 2018 г. было отловлено 7 экземпляров мелких млекопитающих, относящихся к 3 видам: красносерая полевка (*Craseomys rufocanus*), восточноазиатская мышь (*Apodemus peninsulae*), средняя бурозубка (*Sorex caecutiens*). В июне 2019 г. – 2 экземпляра лемминговидной полевки (*Alticola lemminus*). В августе 2022 г. – 12 экземпляров, относящихся к 3 видам: лемминговидная полевка (*Alticola lemminus*), красная полевка (*Myodes rutilus*), азиатский бурундук (*Tamias sibiricus*).

Сведения о результатах отлова мелких млекопитающих с использованием ловушек «Геро» приведены в таблице 2.

В ходе маршрутных наблюдений за весь период работ были встречены следы пребывания 5 видов млекопитающих:

- обыкновенная лисица: следы одной особи в долине реки Ирунгда-Макит в районе устья ручья Аннушкин в октябре 2018 г.;
- бурый медведь: следы (рис. 5) в долине реки Ирунгда-Макит в октябре 2018 г.; один взрослый медведь на галечниках русла реки Урми в 3 км выше по течению от устья реки Ирунгда-Макит в августе 2022 г.;
- северный олень: следы одной особи на песчаной отмели русла реки Урми в 3 км выше устья реки Ирунгда-Макит в октябре 2018 г.;
- кабарга: следы и помет (рис. 6) по всей обследованной площади (за исключением подгольцового и гольцового поясов) в долине ручья Аннушкин; следы пребывания 1–2 особей в верхней части лиственничников (1350 м над уровнем моря) на южном склоне долины реки Урми в августе 2022 г.;
- пищуха северная: следы пребывания в верхней части лиственничников

Таблица 2. Результаты отлова мелких млекопитающих в разных высотных поясах в районе размещения объектов Правоурмийского оловорудного месторождения

Биотоп	Виды и количество отловленных особей по годам		
	2018	2019	2022
Гольцовый пояс	Отловы не проводились	Отловы не проводились	Лемминговидная полевка – 3
Подгольцовый пояс	Красно-серая полевка – 2	Лемминговидная полевка – 2	Азиатский бурундук – 6; лемминговидная полевка – 2
Лиственничник	Красно-серая полевка – 1	0	Красная полевка – 1; средняя бурозубка – 1
Елово-пихтовый лес	Красно-серая полевка – 1	0	Отловы не проводились
Русла рек и ручьев с прирусловым комплексом растительности и пойменный лес	Восточноазиатская мышь – 2; средняя бурозубка – 1	Отловы не проводились	Отловы не проводились



Рис. 5. Следы бурого медведя

(1350 м над уровнем моря) на южном склоне долины реки Урми в августе 2022 г.

В ходе опроса персонала месторождения были получены сведения о двух встреченных особях соболей в прирусловом лесу реки Урми и на участке елово-пихтового леса в устье реки Иругнда-Макит зимой 2022 г.

Остальные виды наземных позвоночных были отмечены при визуальных наблюдениях на маршрутах.



Рис. 6. Помет кабарги

Сведения о высотном распределении фауны наземных позвоночных, полученные в результате маршрутных исследований и отловов ловушками «Геро» за весь период работ, представлены в таблице 3.

За все время наблюдений в обследованных высотных поясах было отмечено 43 вида позвоночных животных, в том числе 2 вида амфибий, 1 вид рептилий, 28 видов птиц и 12 видов млекопитающих.

В результате были установлены некоторые особенности высотно-поясного распределения местообитаний наземных позвоночных: в гольцовом поясе было отмечено 3 вида птиц и 1 вид млекопитающих; в подгольцовом – 1 вид рептилий, 14 видов птиц и 3 вида млекопитающих; в поясе лиственничных лесов – 1 вид рептилий, 13 видов птиц и 7 видов млекопитающих; в поясе елово-пихтовых лесов – 1 вид амфибий, 2 вида млекопитающих и 15 видов

птиц; на участках, занятых прирусловой растительностью и пойменным лесом, а также руслами рек и ручьев, – 2 вида амфибий, 11 видов птиц и 7 видов млекопитающих.

Таким образом, наибольшее видовое разнообразие наземных позвоночных наблюдалось в склоновом лиственничнике (21 вид), а наименьшее – в гольцовом поясе (4 вида).

Заключение ▶

В результате зоологических исследований 2018, 2019 и 2022 годов в составе инженерно-экологических изысканий для проектируемых объектов Правоурмийского оловорудного месторождения удалось составить актуальный список из 43 видов наземных позвоночных, а также получить данные по их высотно-поясному распределению. Полученная информация позволила составить современную характеристику фауны наземных позвоночных юго-западной ча-

Таблица 3. Высотно-поясное распределение фауны позвоночных животных в районе размещения объектов Правоурмийского оловорудного месторождения

Вид	Местообитания в различных высотных поясах*				
	1	2	3	4	5
Дальневосточная лягушка (<i>Rana chensinensis</i>)	+	-	-	-	-
Сибирский углозуб (<i>Salamandrella keyserlingii</i>)	+	+	-	-	-
Живородящая ящерица (<i>Zootoca vivipara</i>)	-	-	+	+	-
Каменушка (<i>Histrionicus histrionicus</i>)	+	-	-	-	-
Большой крохаль (<i>Mergus merganser</i>)	+	-	-	-	-
Зимняк (<i>Buteo lagopus</i>)	-	-	-	+	-
Малый перепелятник (<i>Accipiter gularis</i>)	-	-	+	+	-
Пустельга обыкновенная (<i>Falco tinnunculus</i>)	-	-	-	+	+
Горная трясогузка (<i>Motacilla cinerea</i>)	-	-	-	+	-
Гольцовый конек (<i>Anthus rubescens</i>)	-	-	-	+	-
Ворон (<i>Corvus corax</i>)	+	-	-	+	+
Черная ворона (<i>Corvus orientalis</i>)	+	-	-	+	-
Большеклювая ворона (<i>Corvus macrorhynchus</i>)	+	-	-	+	-
Кедровка (<i>Nucifraga caryocatactes</i>)	-	+	+	+	-
Таловка (<i>Phylloscopus borealis</i>)	-	+	+	-	-
Пеночка-зарничка (<i>Phylloscopus inornatus</i>)	-	+	-	-	-
Белокрылый клест (<i>Loxia leucoptera</i>)	-	+	+	-	-
Чечетка обыкновенная (<i>Acanthis flammea</i>)	-	+	+	+	+
Чиж (<i>Spinus spinus</i>)	-	+	+	-	-
Юрок (<i>Fringilla montifringilla</i>)	+	+	+	-	-
Буроголовая гаичка (<i>Parus montanus</i>)	+	+	+	-	-
Корольковая пеночка (<i>Phylloscopus proregulus</i>)	-	+	+	-	-
Синехвостка (<i>Tarsiger cyanurus</i>)	-	+	+	-	-
Таежная мухоловка (<i>Ficedula mugimaki</i>)	-	+	+	-	-
Поползень обыкновенный (<i>Sitta europaea</i>)	+	+	+	+	-
Уссурийский снегирь (<i>Pyrrhula griseiventris</i>)	+	+	+	-	-
Пятнистый конек (<i>Anthus hodgsoni</i>)	-	+	-	+	-
Седоголовая овсянка (<i>Ocyris spodocephalus</i>)	+	+	-	-	-
Бурая пеночка (<i>Phylloscopus fuscatus</i>)	-	-	-	+	-
Обыкновенная кукушка (<i>Cuculus canorus</i>)	-	-	-	+	-
Рябчик (<i>Tetrastes bonasia</i>)	+	-	-	-	-
Лемминговидная полевка (<i>Alicola lemmings</i>)	-	-	-	+	+
Красно-серая полевка (<i>Craxomys rufocanus</i>)	-	+	+	+	-
Красная полевка (<i>Myodes rutilus</i>)	-	-	+	-	-
Восточноазиатская мышь (<i>Apodemus peninsulae</i>)	+	-	-	-	-
Средняя бурозубка (<i>Sorex caecutiens</i>)	+	-	+	-	-
Бурый медведь (<i>Ursus arctos</i>)	+	-	-	-	-
Кабарга (<i>Moschus moschiferus</i>)	+	-	+	-	-
Северный олень (<i>Rangifer tarandus</i>)	+	-	-	-	-
Соболь (<i>Martes zibellina</i>)	+	-	+	-	-
Северная пищуха (<i>Ochotona hyperborea</i>)	-	-	+	-	-
Бурундук азиатский (<i>Eutamias sibiricus</i>)	-	+	+	+	-
Обыкновенная лисица (<i>Vulpes vulpes</i>)	+	-	-	-	-
Всего видов:	20	18	21	18	4

* 1 – русла рек и ручьев с прирусловым комплексом растительности и пойменный лес (900–1300 м над уровнем моря); 2 – елово-пихтовый лес (1200–1450 м); 3 – лиственничник (1250–1600 м); 4 – подгольцовый пояс (1350–1650 м); 5 – гольцовый пояс (выше 1650 м).

сти Баджалского хребта, до сих пор мало изученной в фаунистическом отношении.

Зоологические исследования в составе инженерно-экологических изысканий, выполненных АО «ГК ШАНЭКО», легли в основу разработанных меро-

приятий по сохранению фауны наземных позвоночных юго-запада Баджалского хребта и основных технических решений для объектов Правоурмийского оловорудного месторождения, которые получили положительные заключения государственной экспертизы.

Результаты работ могут быть полезны для выполнения экологического мониторинга объектов Правоурмийского месторождения и планирования хозяйственного освоения рассматриваемого района. **И**

Автор выражает благодарность ПАО «Селигдар», оказавшему содействие в проведении изысканий, а также рецензенту С.А. Подольскому, к. г. н., с. н. с. Института водных проблем РАН, заместителю директора Зейского заповедника по науке.

Список литературы ►

1. Бисеров М.Ф. Структура и динамика населения птиц Хингано-Буреинского нагорья // Труды заповедника «Буреинский». 2007. Вып. 3. С. 46–76.
2. Сысоев В.П. Животный мир верхнего течения р. Амгунь // Вопросы географии Дальнего Востока: сборник трудов. Хабаровск, 1960. Т. 4. С. 249–259.
3. Триликаускас Л.А. К герпетофауне Буреинского заповедника и перспективам ее изучения // Труды государственного природного заповедника «Буреинский». Хабаровск, 1999. Вып. 1. С. 75–78.
4. Бромлей Г.Ф., Кучеренко С.П. Копытные юга Дальнего Востока СССР. Москва: Наука, 1983. 305 с.
5. Волков В.И., Янович В.А., Посохов П.С. Медико-экологический атлас Хабаровского края и Еврейской автономной области. Хабаровск, 2005. 112 с.
6. Воронов Б.А. Птицы в регионах нового освоения (на примере Северного Приамурья). Владивосток: Дальнаука, 2000. 170 с.
7. Костенко В.А. Грызуны (Rodentia) Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 2000. 210 с.
8. Кузьмин С.Л., Маслова И.В. Земноводные российского Дальнего Востока. М.: КМК, 2005. 434 с.
9. Охотина М.В. и др. Наземные млекопитающие Дальнего Востока СССР: определитель. М.: Наука, 1984.
10. Нестеренко В.А. Насекомоядные юга Дальнего Востока и их сообщества. Владивосток: Дальнаука, 1999. 173 с.
11. Тиунов М.П. Рукокрылые Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 1997. 134 с.
12. Афанасьев А.В. Охотничий промысел в районе хребта Дуссе-Алинь к северу от Дульниканского перевала // Труды совета по изучению производительных сил АН СССР. М., 1934. Ч. 1. Вып. 2. С. 243–301.
13. Дунищенко Ю.М., Даренский А.А. Ресурсы диких копытных животных Хабаровского края. Владивосток: Дальнаука, 2006. 91 с.
14. Дунищенко Ю.М., Ермолин А.Б., Даренский А.А. и др. Охотничьи ресурсы Хабаровского края. Хабаровск: Хабаровская краевая типография, 2014, 324 с.
15. Манько Ю.И., Розенберг В.А. Очерк растительности междуречья Амур – Амгунь // Комаровские чтения. Владивосток, 1967. Вып. 14. С. 1–34.
16. Розенберг В.А. Рубки ухода в лесах Приморья. Владивосток: Биолого-почвенный институт Дальневосточного филиала СО АН СССР, 1967. 137 с.
17. Новиков Г.А. Полевые исследования по экологии наземных позвоночных (2-е изд.). М., 1953. 502 с.
18. Фокина М.Е., Герасимов Ю.Л. Методы полевых зоологических исследований. Самара: Изд-во Самарского университета, 2018. 92 с.
19. Равкин Ю.С., Ливанов С.Г. Факторная зоогеография. Новосибирск: Наука, 2008. 204 с.
20. Дунаев Е.А., Орлова В.Ф. Земноводные и пресмыкающиеся России: атлас-определитель. М.: Фитон+, 2012. 319 с.
21. Рябицев В.К. Птицы Сибири: справочник-определитель (в 2-х т.). Москва – Екатеринбург: Кабинетный ученый, 2021.
22. Павлинов И.Я. Краткий определитель наземных зверей России. М.: Изд-во МГУ, 2002. 167 с.
23. Ошмарин П.Г., Пикунов Д.Г. Следы в природе. М.: Наука, 1990. 296 с.
24. Орлова В.Ф., Семенов Д.В. Природа России: жизнь животных. Земноводные и пресмыкающиеся. М.: АСТ, 1999. 480 с.
25. Коблик Е.А., Редькин Я.А., Архипов В.Ю. Список птиц Российской Федерации. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 256 с.
26. Млекопитающие России: систематико-географический справочник / под ред. И.Я. Павлинова, А.А. Лисовского. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. 604 с.

References ▶

1. Biserov M.F. Struktura i dinamika naseleniya ptits Khingano-Bureinskogo nagor'ya [Structure and dynamics of the bird population of the Khingan-Bureya Highlands] // Trudy zapovednika «Bureinskiy». 2007. Vyp. 3. S. 46–76 (in Rus.).
2. Sysoev V.P. Zhivotnyi mir verhnego techeniya r. Amgun' [The animal world of the upper reaches of the Amgun River] // Voprosy geografii Dal'nego Vostoka: sbornik trudov. Khabarovsk, 1960. T. 4. S. 249–259 (in Rus.).
3. Trilikauskas L.A. K gerpetofaune Bureinskogo zapovednika i perspektivam ee izucheniya [On the herpetofauna of the Bureinsky Reserve and the prospects of its study] // Trudy gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika «Bureinskiy». Khabarovsk, 1999. Vyp. 1. S. 75–78 (in Rus.).
4. Bromley G.F., Kucherenko S.P. Kopytnye yuga Dal'nego Vostoka SSSR [Hoofed animals of the south of the Far East of the USSR]. Moskva: Nauka, 1983. 305 s. (in Rus.).
5. Volkov V.I., Yanovich V.A., Posohov P.S. Mediko-ekologicheskiy atlas Khabarovskogo kraya i Evreiskoy avtonomnoy oblasti [Medical-ecological atlas of the Khabarovsk Territory and the Jewish Autonomous Region]. Khabarovsk, 2005. 112 s. (in Rus.).
6. Voronov B.A. Ptitsy v regionah novogo osvoyeniya (na primere Severnogo Priamur'ya) [Birds in the regions of new development (on the example of the Northern Amur region)]. Vladivostok: Dal'nauka, 2000. 170 s. (in Rus.).
7. Kostenko V.A. Gryzuny (Rodenita) Dal'nego Vostoka Rossii [Rodents (Rodenita) of the Russian Far East.]. Vladivostok: Dal'nauka, 2000. 210 s. (in Rus.).
8. Kuz'min S.L., Maslova I.V. Zemnovodnyie rossiiskogo Dal'nego Vostoka [Amphibians of the Russian Far East]. M.: KMK, 2005. 434 s. (in Rus.).
9. Ohotina M.V. I dr. Nazemnyie mlekopitayushchie Dal'nego Vostoka SSSR: opredelitel' [Terrestrial mammals of the Far East of the USSR: key.]. M.: Nauka, 1984. (in Rus.).
10. Nesterenko V.A. Nasekomoyadnyie yuga Dal'nego Vostoka i ih soobshchestva [Insectivores of the south of the Far East and their communities]. Vladivostok: Dal'nauka, 1999. 173 s. (in Rus.).
11. Tiunov M.P. Rukokrylyie Dal'nego Vostoka Rossii [Chiroptera (bats) of the Russian Far East]. Vladivostok: Dal'nauka, 1997. 134 s. (in Rus.).
12. Afanas'ev A.V. Okhotnichii promysel v raione khrebtu Dusse-Alin' k severu ot Dul'nikanskogo perevala // Trudy soveta po izucheniyu proizvoditel'nykh sil AN SSSR. M., 1934. Ch. 1. Vyp. 2. S. 243–301. (in Rus.).
13. Dunishenko Yu.M., Darenskiy A.A. Resursy dikih kopytnykh zhivotnykh Khabarovskogo kraya [Resources of wild ungulates of the Khabarovsk Territory]. Vladivostok: Dal'nauka, 2006. 91s. (in Rus.).
14. Dunishenko Yu.M., Ermolin A.B., Darenskiy A.A. i dr. Okhotnich'i resursy Khabarovskogo kraya [Hunting resources of the Khabarovsk Territory]. Khabarovsk: Khabarovskaya kraevaya tipografiya, 2014, 324 s. (in Rus.).
15. Man'ko Yu.I., Rozenberg V.A. Ocherk rastitel'nosti mezhdurech'ya Amur – Amgun' [An essay on vegetation of the Amur-Amgun interfluve] // Komarovskiy chteniya. Vladivostok, 1967. Vyp. 14. S. 1–34. (in Rus.).
16. Rozenberg V.A. Rubki uhoda v lesah Primor'ya [Improvement fellings in the forests of Primorye]. Vladivostok: Biologo-pochvennyi institut Dal'nevostochnogo filiala SO AN SSSR, 1967. 137 s. (in Rus.).
17. Novikov G.A. Polevyie issledovaniya po ekologii nazemnykh pozvonochnykh (2-e izd.) [Field studies in terrestrial vertebrate ecology (2nd ed.)]. M., 1953. 502 s. (in Rus.).
18. Fokina M.E., Gerasimov Yu.L. Metody polevykh zoologicheskikh issledovaniy [Methods of field zoological research]. Samara: Izd-vo Samarskogo universiteta, 2018. 92 s. (in Rus.).
19. Ravkin Yu.S., Livanov S.G. Faktornaya zoogeografiya [Factorial Zoogeography]. Novosibirsk: Nauka, 2008. 204 s. (in Rus.).
20. Dunayev E.A., Orlova V.F. Zemnovodnyie i presmykayushchiesya Rossii: atlas-opredelitel' [Amphibians and reptiles of Russia: key atlas]. M.: Fiton+, 2012. 319 s. (in Rus.).
21. Ryabitsev V.K. Ptitsy Sibiri: spravochnik-opredelitel' (v 2-kh t.) [Birds of Siberia: a reference key guide (in 2 volumes)]. Moskva – Ekaterinburg: Kabinetnyi ucheniy, 2021. (in Rus.).
22. Pavlinov I.Ya. Kratkiy opredelitel' nazemnykh zverey Rossii [A brief key guide to land animals of Russia]. M.: Izd-vo MGU, 2002. 167 s. (in Rus.).
23. Oshmarin P.G., Pikunov D.G. Sledy v prirode [Traces in nature]. M.: Nauka, 1990. 296 s. (in Rus.).
24. Orlova V.F., Semenov D.V. Priroda Rossii: zhizn' zhivotnykh. Zemnovodnyie i presmykayushchiesya [Nature of Russia: animal life. Amphibians and reptiles]. M.: AST, 1999. 480 s. (in Rus.).
25. Koblik E.A., Red'kin Ya.A., Arhipov V.Yu. Spisok ptits Rossiiskoy Federatsii [List of birds of the Russian Federation]. M.: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2006. 256 s. (in Rus.).
26. Mlekopitayushchiye Rossii: sistematiko-geograficheskiy spravochnik [Mammals of Russia: systematic and geographical reference book] / pod red. I.Ya. Pavlinova, A.A. Lisovskogo. M.: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2012. 604 s. (in Rus.).



Источник фото: Pixabay.com
The photo source: Pixabay.com

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ГЕОТЕХНИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАСЫПЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ

ФЕДОРЕНКО Е.В.

Научный консультант компании «НИП-Информатика», к. г.-м. н., г. Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

Специфика любого протяженного линейного сооружения состоит в том, что по длине его трассы типы проектных решений различны и в ряде случаев индивидуальны. В том числе проектирование автомобильных и железных дорог часто встречается с пересечением трассой участков, сложенных слабыми грунтами. Принятие индивидуальных или групповых проектных решений должно основываться на геотехнических расчетах. Выбор оптимального варианта усиления и стабилизации основания или ускорения консолидации необходимо проводить на основе сопоставления результатов совместных расчетов деформаций, времени их развития, стабильности и устойчивости основания численными методами (на основе метода конечных элементов) с использованием математических моделей. Решению этих проблем и посвящена предлагаемая статья.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

линейные сооружения; автомобильные дороги; железные дороги; насыпь; грунтовое основание; слабые грунты; усиление; стабилизация; индивидуальное геотехническое проектирование; проектные решения; геотехнические расчеты.

INDIVIDUAL GEOTECHNICAL DESIGN OF EMBANKMENTS OF TRANSPORT STRUCTURES ON SOFT SOILS

FEDORENKO E.V.

Science adviser of the NIP-Informatics company, PhD (Geology and Mineralogy), St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

The specificity of any extended linear structure is that along the length of its route the types of design solutions are different and, in some cases, individual. Among other things, the designers of autoroads and railways often deal with that the routes of linear structures cross areas composed of soft soils. Individual or group design solutions should be based on geotechnical calculations. The choice of the optimal option for strengthening and stabilizing the ground base or for accelerating the consolidation period must be carried out on the basis of comparing the results of joint calculations of the deformations and their development time, stability and steadiness of the ground base with the use of numerical methods based on the finite element method and mathematical models. The proposed article is devoted to solving these problems.

KEYWORDS:

linear structures; autoroads; railways; embankment; ground base; soft soils; strengthening; stabilizing; individual geotechnical design; design solutions; geotechnical calculations.

Введение

Специфика протяженных линейных сооружений заключается в том, что по длине трассы типы проектных решений различны и в ряде случаев индивидуальны. Термин «индивидуальное проектирование» используется в транспортном строительстве для случаев выхода за рамки типового проектирования.

При строительстве на слабых основаниях теоретической основой для индивидуального проектирования является механика грунтов. Расчеты позволяют проектировщику оценить эффективность рассматриваемых вариантов и сравнить их между собой. То есть такое проектирование основано на геотехническом расчетном обосновании выбора конструктивно-технологического решения. Его можно назвать геотехническим проектированием.

Индивидуальные проектные решения должны приниматься для условий, разделенных на группы в зависимости от:

- высоты насыпей и откосов выемок;
- состава грунтов насыпи и бортов выемок;
- грунтового основания (слабого, многолетнемерзлого, болотистого и т. д.);
- условий увлажнения и подтопления (близости расположения ключей, подходов к мостам и т. д.);
- условий рельефа (косогорности и т. д.);
- специфических особенностей грунтов выемок и насыпей (выветриваемых,

Таблица. Конструктивно-технологические решения для строительства насыпей на слабых основаниях

Изменение воздействия на основание		Дополнительные конструктивные элементы		Изменение свойств основания	
А	снижение высоты насыпи	А	железобетонные сваи	Б	консолидация основания временной пригрузкой
Б		Б			
А	снижение веса насыпи (облегченные насыпи из легких материалов)	А	геосинтетические армирующие прослойки	А	частичная/полная замена слабых грунтов
Б		Б			
А	пригрузочные бермы (контрбанкеты) для улучшения напряженного состояния слабой толщи	А	шпунтовое или свайное ограждение	А	предварительная консолидация основания за счет перерывов в отсыпке насыпи
		Б		Б	
А	уположение откосов	А	распределяющие плиты (настилы в основании насыпи); лежневый настил	А	консолидация и упрочнение за счет геосинтетических ленточных дренажей
		Б		Б	
А	уположение откосов	А	частичное или полное замещение слабых грунтов методами виброфлотации, струйной цементации (jet grouting) или глубинного перемешивания с созданием щебеночных, песчаных, текстильно-песчаных, илоцементных свай и т. п., а также дренажных прорезей		

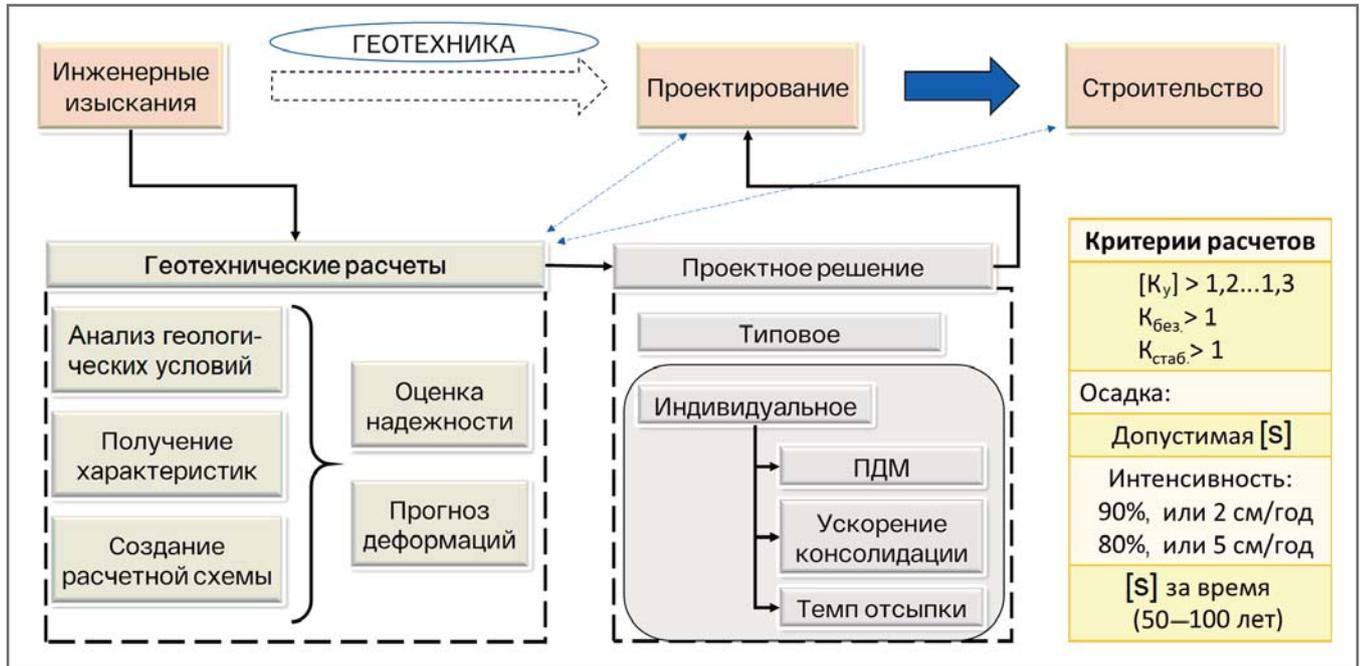


Рис. 1. Процесс перехода от инженерных изысканий к проектированию по результатам геотехнических расчетов (ПДМ – погрузочно-доставочные машины; K_y – коэффициент устойчивости; $K_{без}$ – коэффициент безопасности; $K_{стаб}$ – коэффициент стабильности)

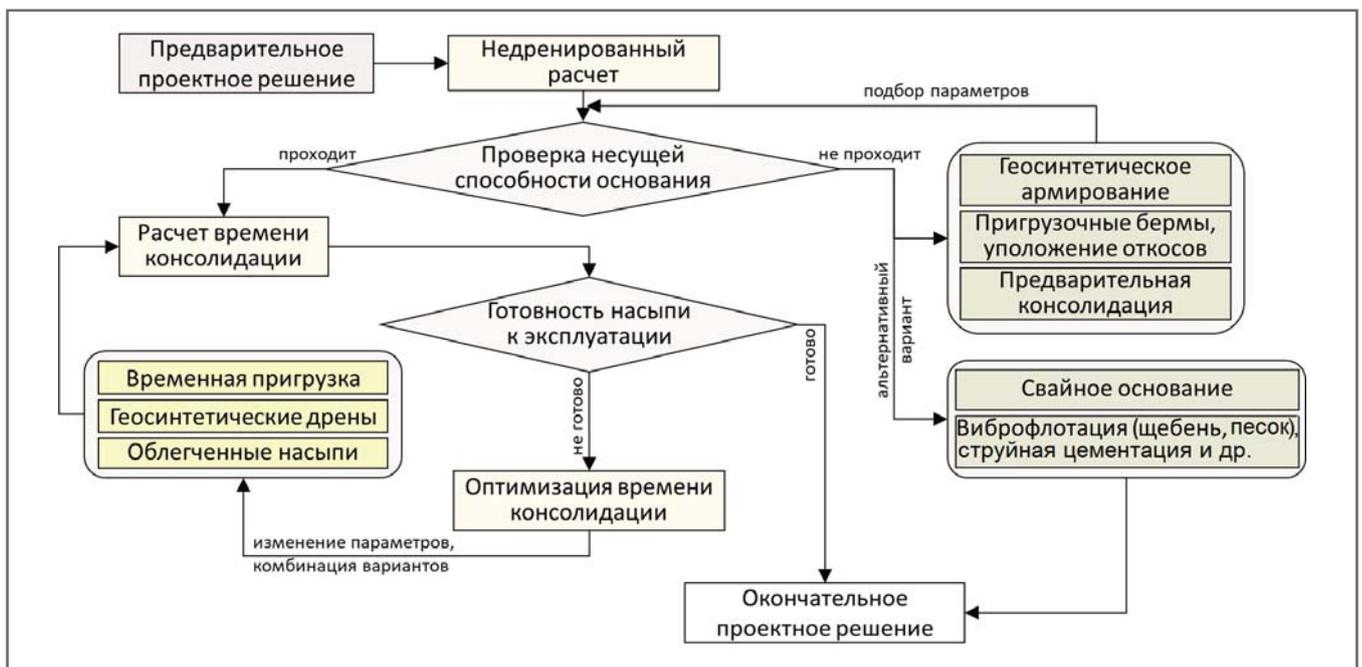


Рис. 2. Блок-схема этапов работ для назначения противодеформационных мер при строительстве на слабом грунтовом основании

засоленных, набухающих, просадочных и т. д.);

- проявлений опасных геологических процессов (оползней, карста, обвалов и т. д.);
- переходности типов участков (концевых участков скальных выемок; насыпей, переходящих в выемки на косогорах; сопряжений с искусственными сооружениями и т. д.).

Сегодня существует множество разнообразных конструктивно-технологических решений, основанных на раз-

личных инновационных материалах и технологиях для принятия противодеформационных мер. Рациональный выбор наиболее эффективного варианта должен быть основан на обеспечении надежности с одной стороны и экономической целесообразности с другой. Очевидно, что найти их оптимальное соотношение можно путем сравнения стоимости реализации двух и более вариантов проектных решений, каждое из которых основано на геотехнических расчетах для получения оценок надеж-

ности и конструктивно-технологических параметров для составления смет.

Основные варианты противодеформационных мер (см. таблицу) должны быть направлены на обеспечение устойчивости и надежности, на предотвращение недопустимых осадков и на оптимизацию времени консолидации насыпи на слабом основании.

Выбор противодеформационных мер должен базироваться на геотехнических расчетах, основанных на данных инженерных изысканий. Следует отметить,

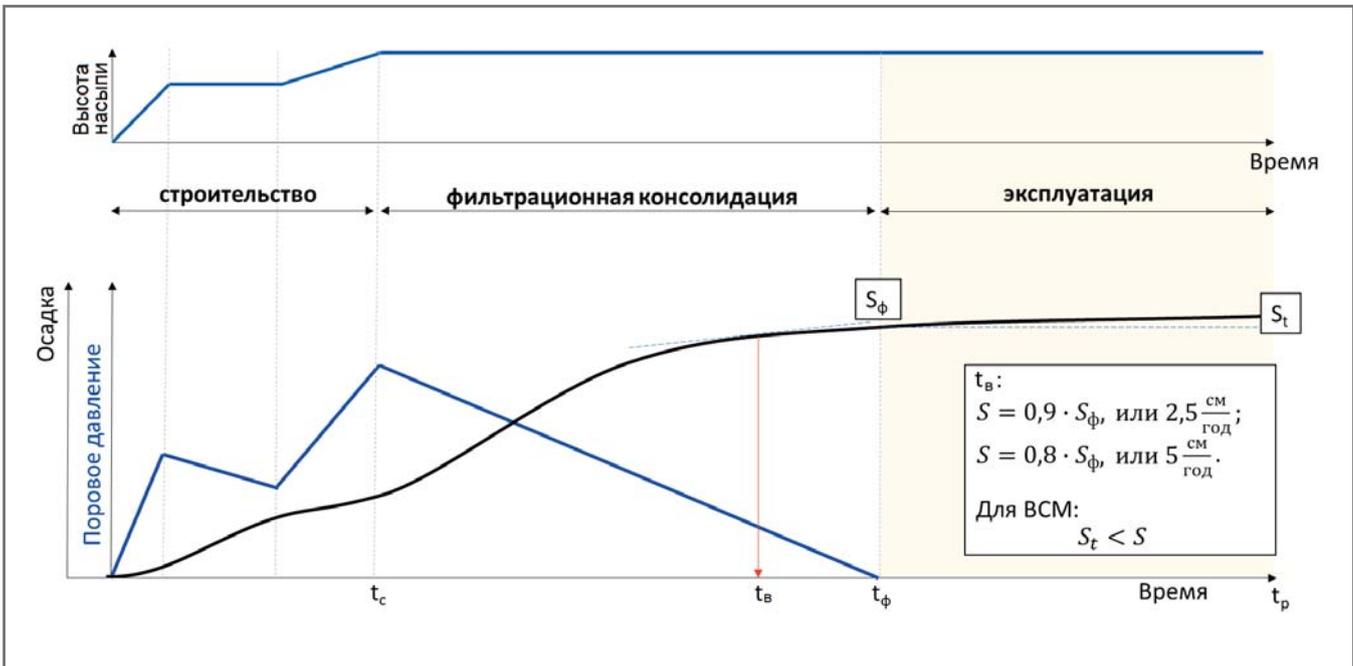


Рис. 3. Характерные показатели работы насыпи во времени. Аббревиатуры и буквенные обозначения: ВСМ – высокоскоростные железнодорожные магистрали; t_c – время строительства; $t_в$ – время выдержки до начала эксплуатации; $t_φ$ – время завершения фильтрации; t_p – расчетное время эксплуатации; $S_φ$ – осадка насыпи к моменту завершения фильтрации; S_t – осадка насыпи к расчетному моменту времени t_p

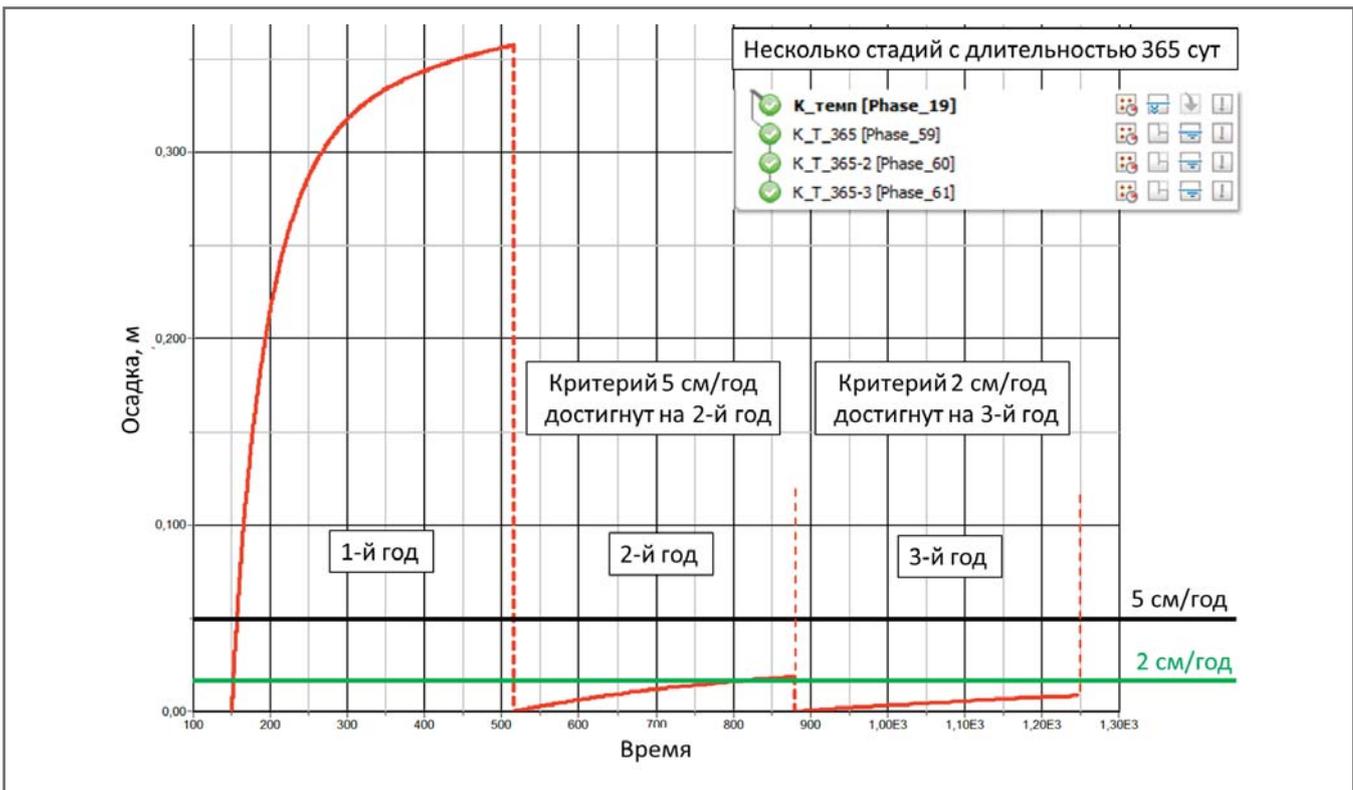


Рис. 4. Пример результатов расчета консолидации

что программа изысканий, лабораторные и полевые исследования грунтов и интерпретация их результатов обязательно должны быть связаны с проектированием и строительством (на практике нередки случаи, когда часть инженерно-геологических изысканий была сделана впустую, поскольку их резуль-

таты не требовались для расчетного обоснования проектного решения, а часть, наоборот, была сделана недостаточно полно для получения данных, необходимых для проектирования). На рисунке 1 показано взаимодействие составляющих строительной отрасли на примере решения проблемы слабых

грунтов. На рисунке 2 в общем виде приведена блок-схема этапов работ для принятия проектного решения.

Предварительно выбирается первоначальное проектное решение. Это может быть конструкция с выбранными вариантами стабилизации или без них. Расчетная проверка начинается с

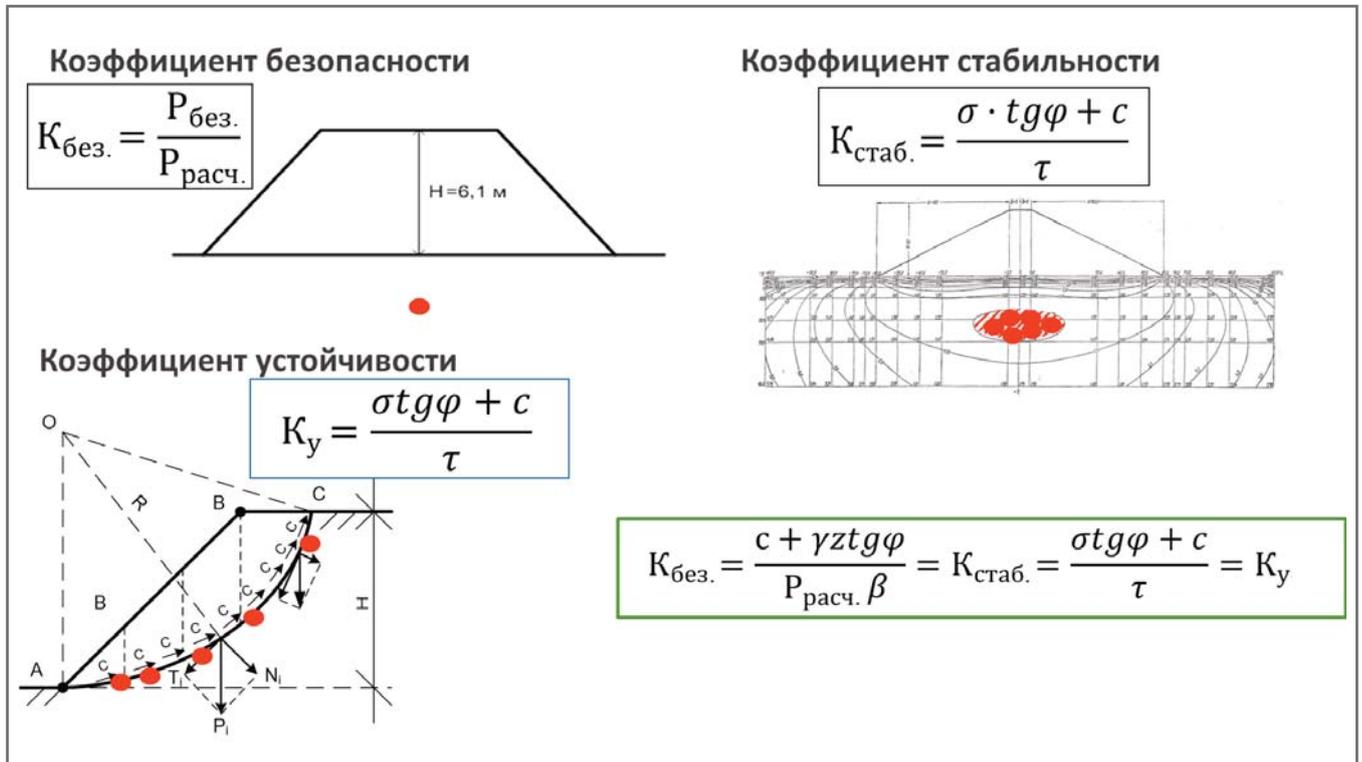


Рис. 5. Основные критерии надежности. Буквенные обозначения: $K_{\text{без.}}$ – коэффициент безопасности; $P_{\text{без.}}$ – безопасная нагрузка на основание; $P_{\text{расч.}}$ – расчетная нагрузка на основание; H – высота насыпи; $K_{\text{стаб.}}$ – коэффициент стабильности; σ – нормальное напряжение; φ – угол внутреннего трения; c – удельное сцепление; τ – напряжение сдвига; K_y – коэффициент устойчивости; γ – средневзвешенный объемный вес грунта слабой толщи, расположенной выше горизонта Z ; z – глубина рассматриваемого горизонта Z от поверхности земли; β – коэффициент, устанавливаемый по графикам для трапецидальной формы эпюры нагрузки

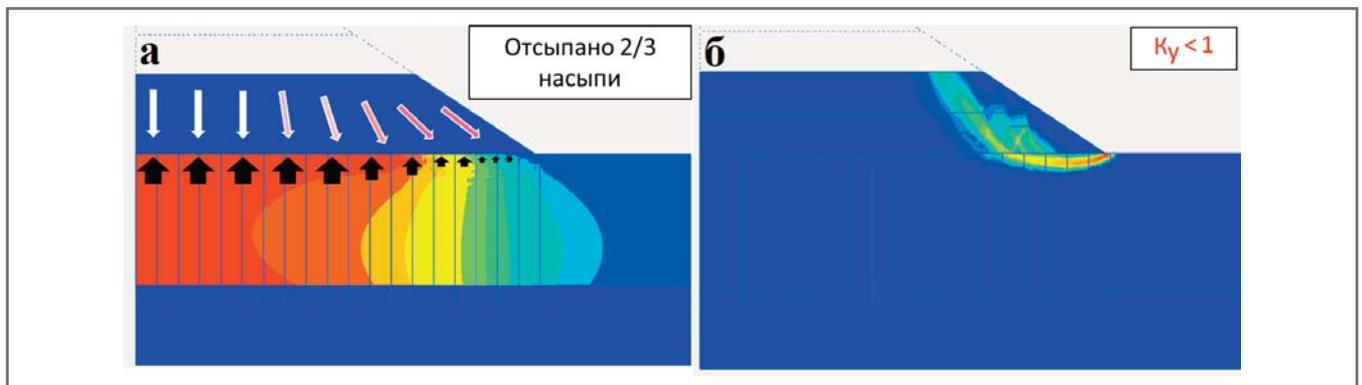


Рис. 6. Недренированное нагружение: а – максимальное поровое давление; б – сдвиговые деформации

оценки нестабилизированного состояния насыпи при отсутствии консолидации и минимальной прочности грунтового основания. По результатам расчета для недренированных условий выполняется анализ несущей способности. Если получается достаточный запас надежности по сравнению со значением коэффициента устойчивости K_y , требуемым в строительный период, то следует оценить время консолидации по соответствующим нормативным критериям. Если же запас недостаточен, то требуется предусмотреть меры по обеспечению стабильности. Тогда выбираются их варианты (в соответствии с таблицей). Приве-

дем примеры часто встречающихся (традиционных) вариантов.

Геосинтетическое армирование в виде полубойм обеспечивает стягивание насыпи в нижней части и повышение ее общей устойчивости. Однако в случае низкой прочности слабых грунтов, особенно жирных глин или илов, повышение прочности армирующих элементов не приводит к ожидаемому росту величины K_y . Это связано с потерей несущей способности основания, на которое не влияет повышение жесткости насыпи за счет армирования. В таких случаях рекомендуется выполнить пригрузку бермами для областей потенциального выпора грунта, что в комби-

нации с армированием позволит снизить ширину берм, которая требовалась бы без него.

Метод предварительной консолидации позволяет достичь упрочнения грунта при строительстве за счет использования временногО ресурса. При этом вариант с армированием дает сокращение срока отсыпки насыпи при условии обеспечения ее устойчивости.

В зависимости от обстоятельств проектировщик может принять альтернативное решение, направленное на *исключение влияния слабого основания*. Это могут быть, например, свайное основание с гибким ростверком, стабилизация с применением щебеночных, песчаных, текстиль-

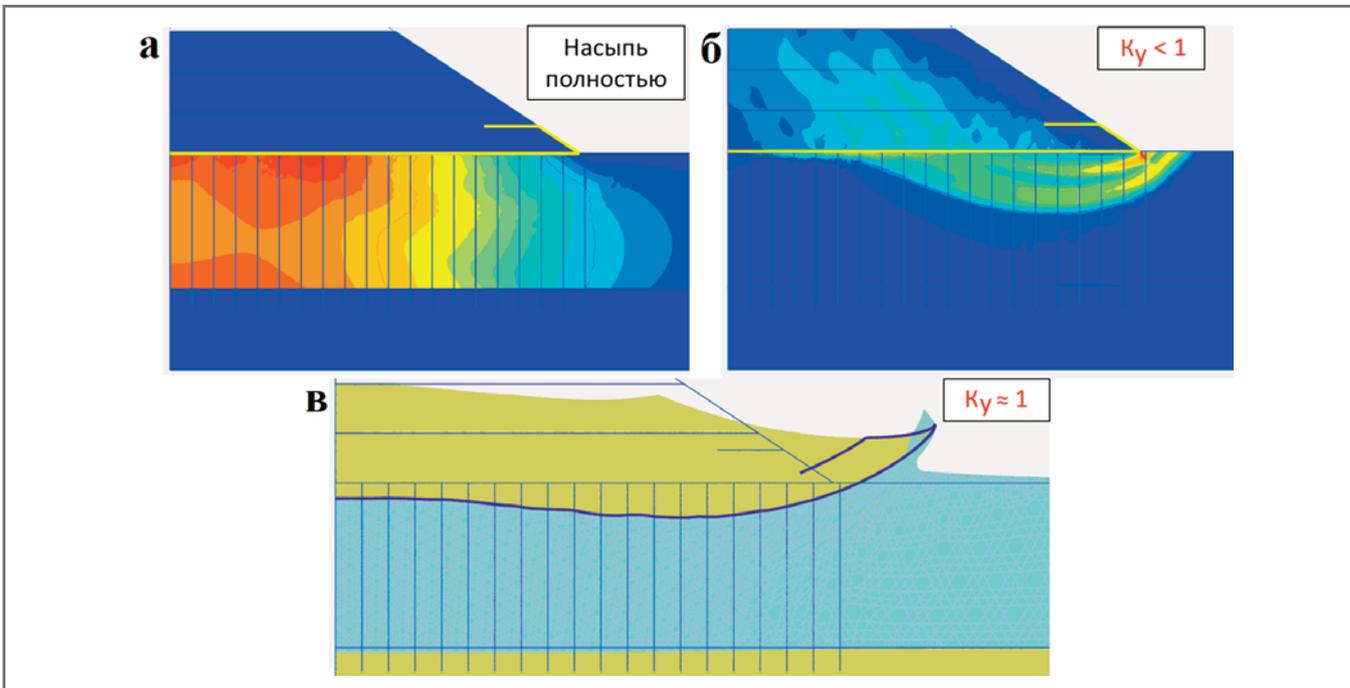


Рис. 7. Вариант расчета нестабилизированного состояния с армированием: а – поровое давление; б – области сдвиговых деформаций; в – деформированная схема

но-песчаных, илоцементных свай, струйной цементации (jet grouting), глубинного перемешивания или же другие варианты, которые обеспечивают передачу давления на коренные грунты минуя слабую толщу. Как правило, в таких случаях расчеты консолидации не проводятся.

После того как стабильность основания обеспечена, необходимо выполнить расчет времени консолидации для проверки соответствия критериям готовности насыпи к эксплуатации. Если по полученным результатам требуется ускорение консолидации, то следует выбрать меры, влияющие на величину избыточного порового давления. Обычно используются геосинтетические ленточные дренажи, которые уменьшают путь фильтрации, или облегченные насыпи (из пенополистирольных блоков, шлака или других материалов) для снижения давления на основание и соответствующего уменьшения порового давления. Нормативные документы рекомендуют использовать вариант с временной пригрузкой. Следует отметить, что комбинирование мер позволяет достичь большего эффекта.

Критерии расчетов ►

Целью индивидуального геотехнического проектирования является выполнение двух основных условий: время строительства и последующей выдержки насыпи до начала эксплуатации должно быть оптимальным; сооружение в периоды строительства и эксплуатации должно быть надежным.

Для насыпей принято выделять три характерных этапа (рис. 3):

1) *строительство* – нагружение слабого основания весом насыпи, вызывающее рост порового давления;

2) *фильтрационная консолидация* – время выдержки насыпи до начала эксплуатации, пока не будет достигнут один из критериев соответствия нормативным документам;

3) *эксплуатация* – период длительной работы сооружения с учетом динамического воздействия транспорта, во время которого продолжается медленный прирост осадок за счет ползучести (критерий длительных осадок регламентируется для высокоскоростных железнодорожных магистралей (ВСМ)).

В качестве примера приведем результаты расчета времени консолидации в программе PLAXIS. Стадии расчета после завершения строительства были для наглядности разделены на годовые отрезки со сбросом перемещений на каждой (рис. 4). Такой способ позволяет увидеть достижение того или иного критерия консолидации.

В транспортном строительстве принято использовать три варианта критерия прочности Кулона – Мора. Это коэффициенты безопасности, стабильности и устойчивости.

Коэффициент безопасности ($K_{без.}$) определяет условие возникновения предельного состояния по критерию прочности Кулона – Мора только в одной точке. *Коэффициент стабильности* ($K_{стаб.}$)

уже позволяет оконтурить области скопления таких точек, то есть области предельного состояния, которые в конечном счете определяют устойчивость. *Коэффициент устойчивости* (K_y) определяет такое количество точек предельного состояния, которое приводит всю систему к разрушению. Кроме того, можно показать, что все перечисленные коэффициенты связаны друг с другом. В общем виде их объединяет условие прочности Кулона – Мора, поэтому между используемыми формулами можно поставить знак равенства (только для учета применимости формул для оценки равновесия в точке или массиве) (рис. 5).

Применительно к проблеме слабых оснований следует отметить, что наряду с традиционным подходом к оценке сопротивления сдвигу в зависимости от метода плотности-влажности Н.Н. Маслова есть и другой подход – оценка в терминах эффективных напряжений и порового давления. В таком случае сопротивление сдвигу можно представить в следующем виде:

$$\tau' = (\sigma' - U) \cdot \operatorname{tg}\varphi' + c', \quad (1)$$

где τ' – эффективное напряжение сдвига; σ' – эффективное нормальное напряжение; U – поровое давление; φ' – эффективный угол внутреннего трения; c' – эффективное удельное сцепление.

При постоянных значениях эффективного угла внутреннего трения и эффективного сцепления изменение со-

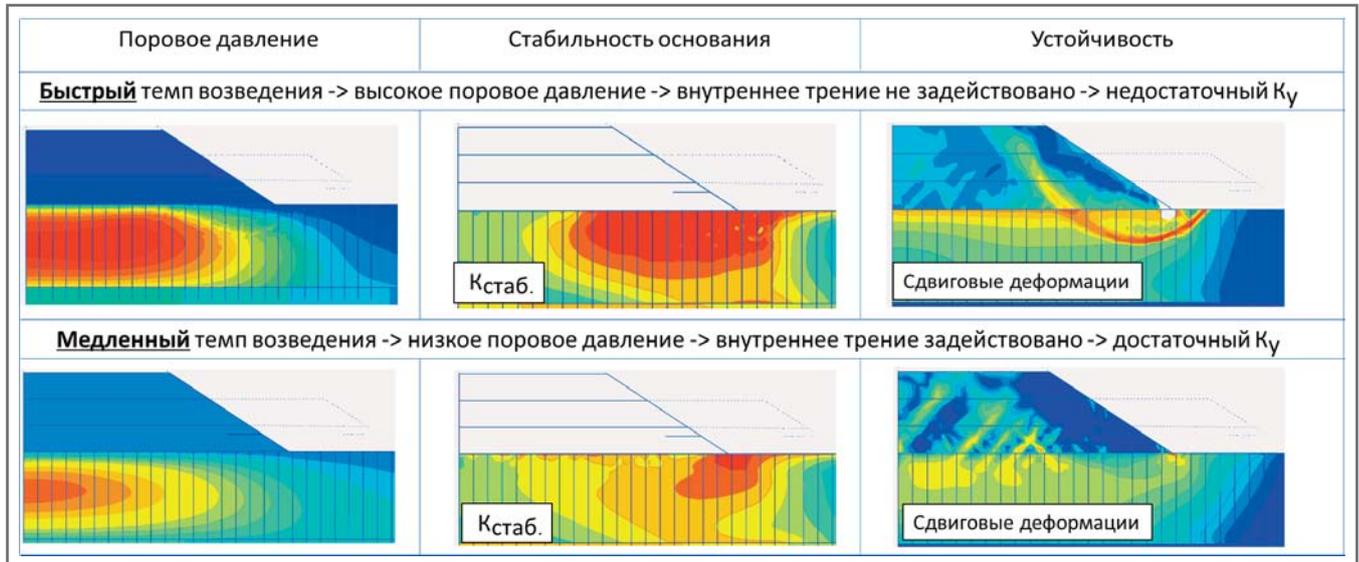


Рис. 8. Варианты строительства насыпи – быстрый и медленный темп

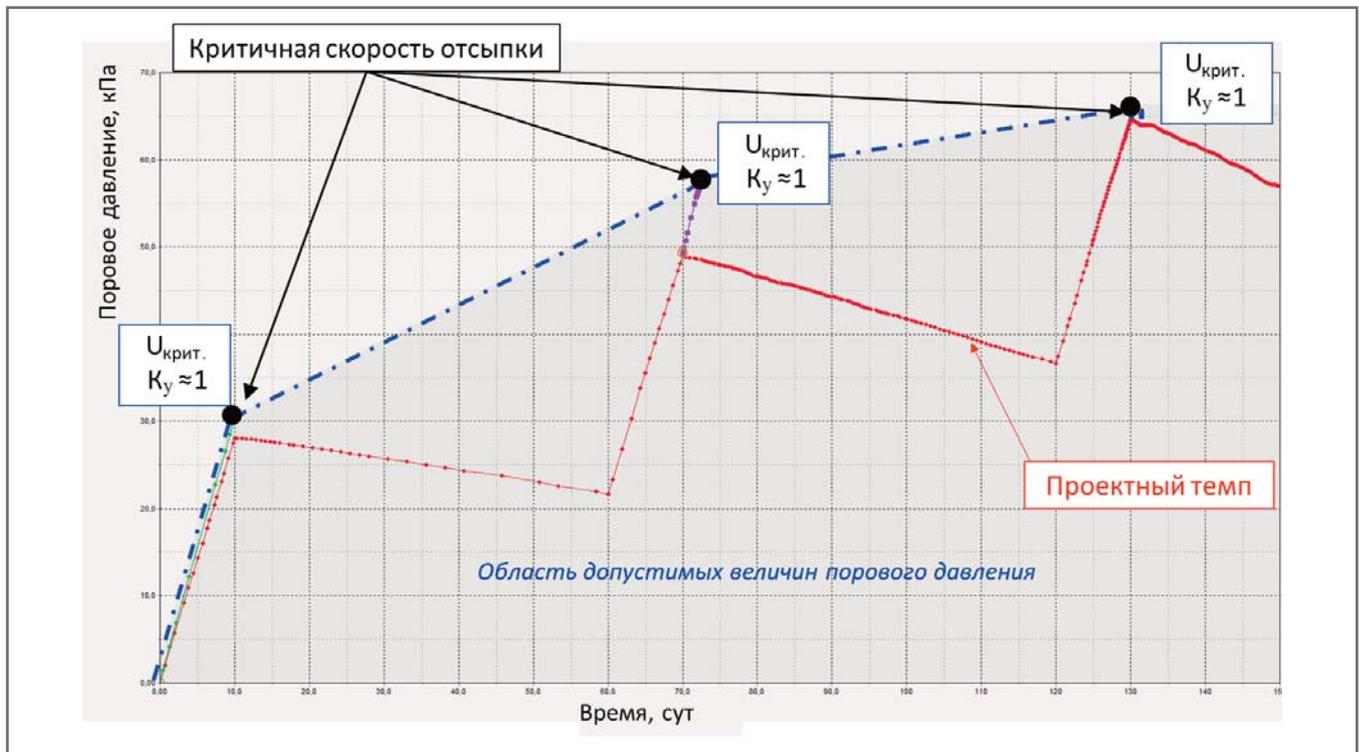


Рис. 9. Результаты расчетов изменений порового давления во времени для отсыпки и предельных (критических) значений порового давления $U_{крит.}$

противления сдвигу возможно за счет изменения порового давления.

Далее покажем влияние порового давления на все основные результаты расчетов и принятие решения. В качестве примера рассмотрим насыпь высотой 4,5 м на слабом основании, для которой рассмотрим несколько вариантов стабилизации.

Первая оценка (расчет для недренированных условий) ►

Для предварительной оценки надежности и назначения противодефор-

мационных мер выполняют расчет недренированных условий, характеризующий нестабилизированное состояние. В результате получают максимальную величину порового давления и минимальный коэффициент устойчивости. Этот расчет подразумевает консервативную оценку, поскольку нагружение происходит мгновенно по полностью закрытой (недренированной) схеме. Это не является реалистичным, особенно для высоких насыпей, когда послойная отсыпка предполагает частичное дренирование и консолида-

цию. На рисунке 6 показан пример возникновения порового давления и то, как оно влияет на картину потери устойчивости. Максимальные величины порового давления по оси насыпи представляют собой отпор грунтового основания в противодействие весу насыпи. В то же время откосная часть за счет меньшего веса создает меньшее поровое давление – соответственно, и отпор будет меньше. Однако касательные силы в откосной части максимальны, что и приводит к потере устойчивости именно в этой области.

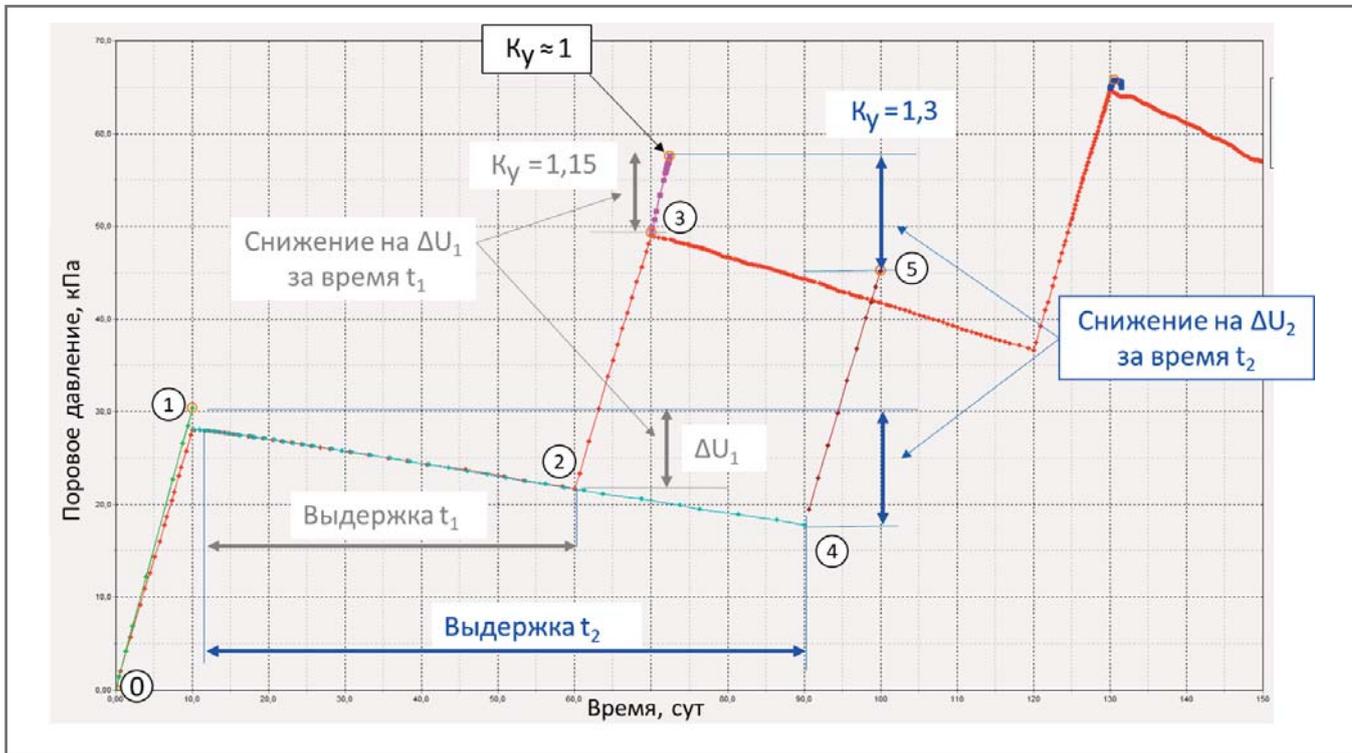


Рис. 10. Пример влияния времени выдержки на поровое давление перед каждой очередной отсыпкой

Отчасти компенсировать слабую сопротивляемость основания сдвигу можно за счет использования силовых геосинтетических материалов, например в виде полубоймы.

На рисунке 7 показан вариант усиления за счет армирования. Последнее не влияет на поровое давление, однако может обеспечить устойчивость насыпи за счет восприятия растягивающих напряжений. Но в ряде случаев, какой бы прочной ни была армирующая прослойка, она не может повысить устойчивость сооружения, что связано с потерей устойчивости основания. Тогда не играет роли то, из чего сделана насыпь и насколько она прочна, поскольку грунт выдавливается из-под нее. На рисунке 7, в прочность армирования больше, чем на рисунке 7, б. Однако видно, что коэффициенты устойчивости для этих двух случаев практически одинаковы. Здесь следует отметить, что даже при многослойном армировании всей насыпи будет происходить потеря устойчивости грунтового основания – выпор грунта из-под подошвы сооружения.

Метод предварительной консолидации (темп отсыпки) ►

По сравнению с расчетом для недреннированных условий более реалистичным будет расчет, учитывающий время нагружения и условия дренирования. В соответствии с нормативными доку-

ментами использование метода предварительной консолидации предполагает оценку темпа возведения сооружения и учет процесса строительства.

Поскольку в таком расчете поровое давление зависит от скорости нагружения, а сопротивление сдвигу (устойчивость) – от порового давления, то в качестве необходимых исходных данных потребуются закон сжимаемости грунта и общие зависимости:

$$\tau = f(U); \quad (2)$$

$$k_{\phi} = f(\sigma), \quad (3)$$

где τ – напряжение сдвига; U – поровое давление; k_{ϕ} – коэффициент фильтрации; σ – нормальное напряжение.

Наглядно оценить влияние порового давления на стабильность основания и устойчивость насыпи можно с помощью коэффициента стабильности.

На рисунке 8 показано, что устойчивость сооружения зависит от того, насколько задействованы в грунте силы трения. В свою очередь, силы трения зависят от того, насколько велико поровое давление, величина которого определяется скоростью нагружения (темпом отсыпки).

Обобщая приведенную выше информацию, можно констатировать, что, имея результаты расчетов для каждой из частей насыпи в недреннированных условиях и расчета темпа строитель-

ства, можно сформировать критерии для мониторинга порового давления.

Критерии мониторинга порового давления ►

На рисунке 9 показан определенный расчетом проектный темп отсыпки, обеспечивающий стабильность основания и устойчивость насыпи. Дополнительно для каждой стадии отсыпки просчитаны варианты недреннированного нагружения, позволяющего определить максимальное поровое давление и соответствующий ему коэффициент устойчивости.

На основании такого графика можно очертить области допустимых значений порового давления и таким образом получить критерии, позволяющие оценивать надежность строительства при измерении порового давления. Если наблюдаемые значения будут отклоняться от проектного, то потребуются остановка строительства и ожидание снижения порового давления до допустимых величин.

Анализ вариантов темпа отсыпки ►

Продолжительность выдержки после ступени отсыпки оказывает прямое влияние на поровое давление на следующей ступени и на запас устойчивости.

На рисунке 10 показаны изменения порового давления при недолгой (1–2) и долгой (1–4) выдержке после первой ступени отсыпки (0–1). В первом случае

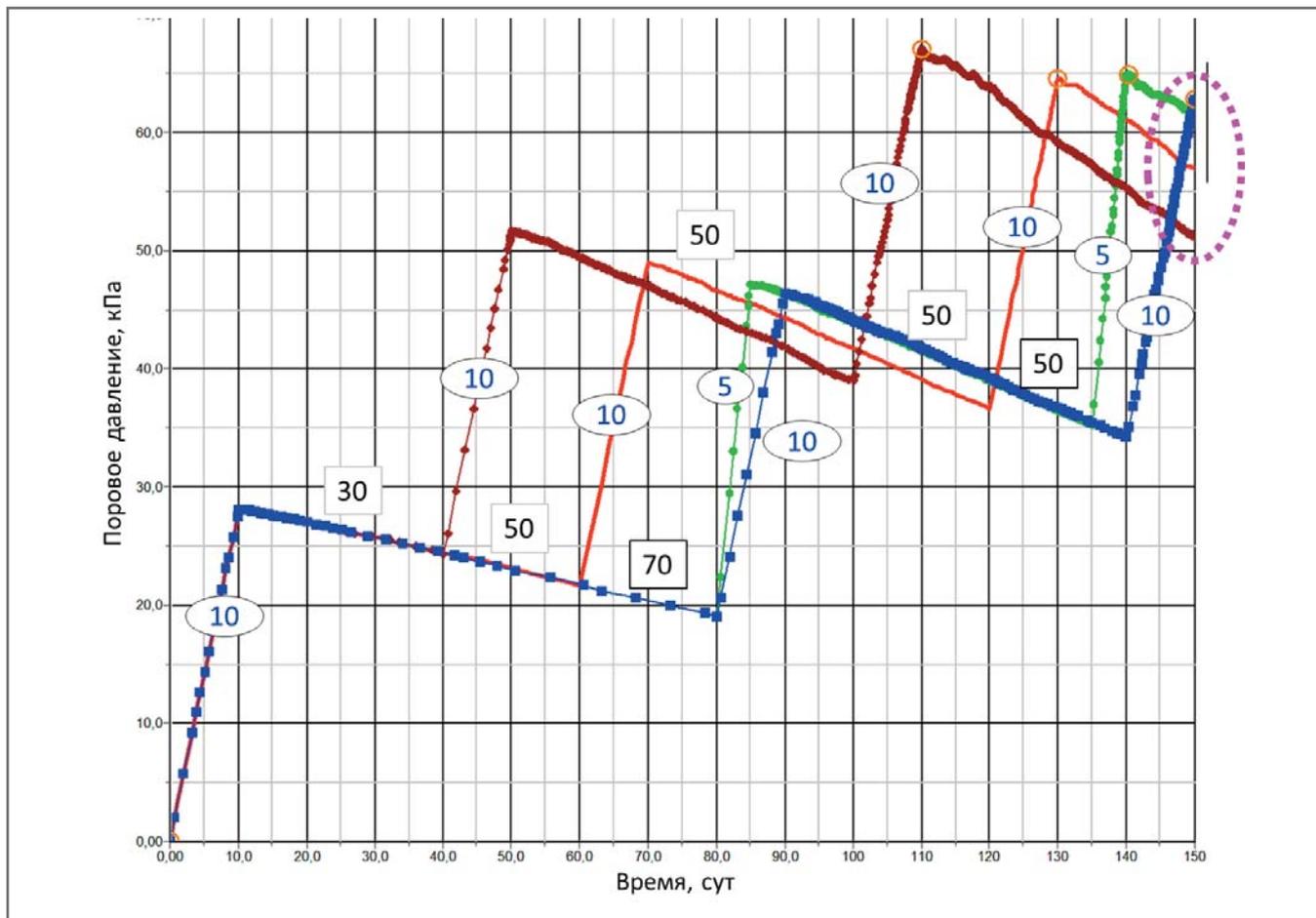


Рис. 11. Изменения порового давления во времени для вариантов возведения насыпи в пределах заданного срока

за время t_1 удается снизить поровое давление на величину ΔU_1 , что позволяет при следующей отсыпке (2–3) получить запас устойчивости около 15% ($K_y=1,15$). Если выдержка будет дольше, то есть за время t_2 (1–4), то поровое давление снизится на величину ΔU_2 и это позволит на этапе следующей отсыпки (1–5) получить больший запас устойчивости – до 30% ($K_y=1,3$).

Таким образом, чем больше выдержка отсыпанной части, тем больше запас устойчивости и надежнее строительство. Это означает, что при очень медленном темпе возведения насыпи можно обеспечить ее устойчивость без дополнительных дорогостоящих мер, однако затратив на это временной ресурс.

Однако, если задан директивный срок строительства, то необходимо выполнить отсыпку без его превышения. Для этого случая рассмотрим следующий пример. Срок строительства ограничен 150 днями. В пределах заданного срока рассмотрено разное время отсыпки-выдержки, чтобы достичь оптимального варианта (рис. 11).

Анализ результатов показывает, что нет существенно выигрышных вариантов среди рассмотренных. Но все же оп-

тимальным можно считать вариант, имеющий достаточную надежность и минимальное значение порового давления после завершения отсыпки, поскольку далее к критерию оценки надежности добавится критерий времени консолидации. В целом можно констатировать, что чем быстрее производится отсыпка, тем больше вероятность потери несущей способности и выше поровое давление к моменту завершения строительства, что повлечет за собой большую длительность консолидации. Медленная же отсыпка позволяет обеспечить только надежность, но не дает существенного снижения порового давления после завершения возведения насыпи.

Таким образом, в случае заданного срока строительства метод предварительной консолидации не дает преимуществ и требуются другие меры. Можно предположить, что армирование насыпи может обеспечить устойчивость и ускорить строительство.

Армирование силовыми геосинтетическими материалами ▶

Усиление насыпи армирующими прослойками действительно позволяет

ускорить строительство. Для примера на рисунке 12 показаны: отсыпка насыпи, усиленной армированием, и два рассмотренных ранее варианта обычной отсыпки методом предварительной консолидации. Цифрами обозначены сроки отсыпки и консолидации. Существенное ускорение как отсыпки, так и выдержки позволяет получить выигрыш во времени и при этом иметь достаточный запас надежности по результатам оценки устойчивости (в приведенном примере предполагается допустимое значение коэффициента устойчивости $[K_y]$ в строительный период, равное 1,03). Увеличение темпа отсыпки приводит к росту порового давления и снижению коэффициента устойчивости: для варианта обычной отсыпки $K_y=1,05$; для варианта с армированием, где поровое давление выше, $K_y=1,03$.

Однако у такого способа есть недостаток: большой темп приводит к тому, что поровое давление не успевает рассеиваться и накапливается. И если влияние порового давления на критерий надежности (K_y) можно компенсировать армирующими прослойками, то по критерию интенсивности осадки

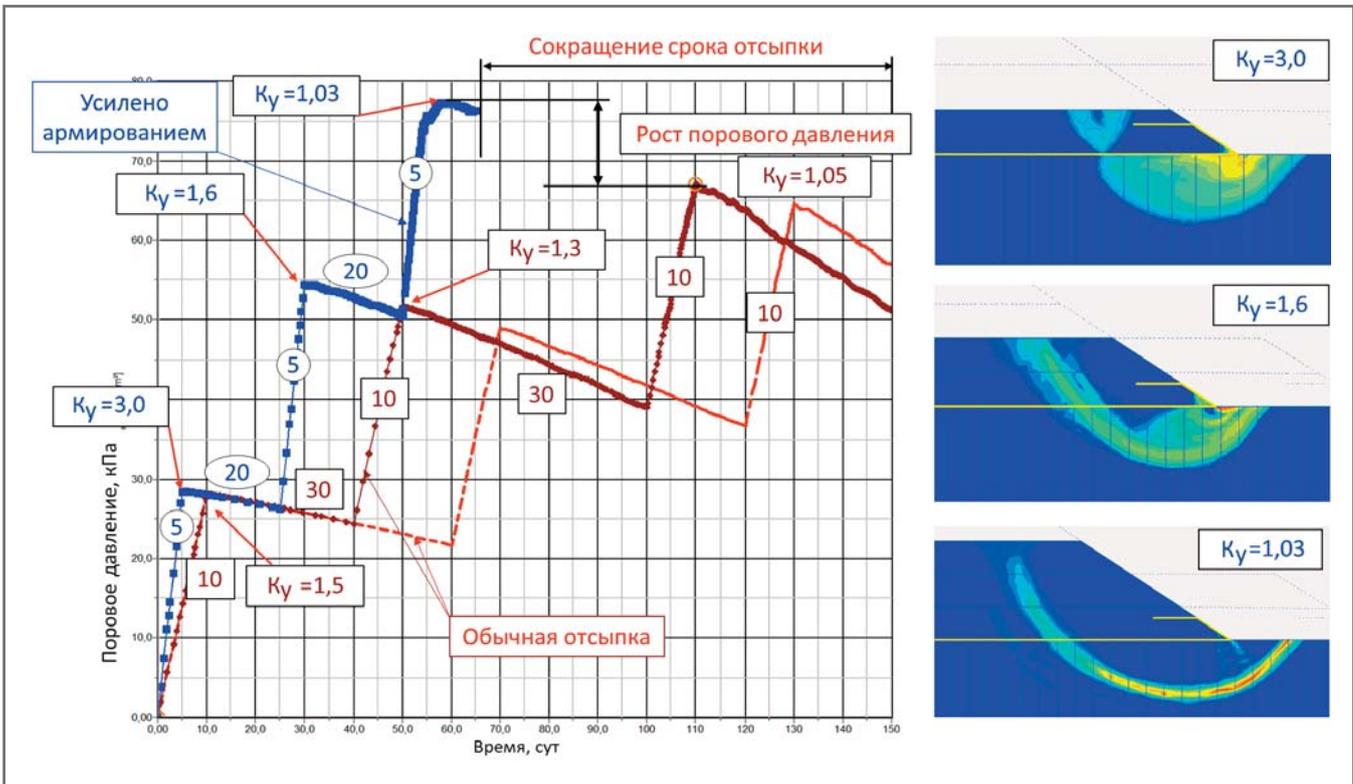


Рис. 12. Изменения порового давления во времени при строительстве армированной насыпи в сравнении с двумя обычными вариантами отсыпки

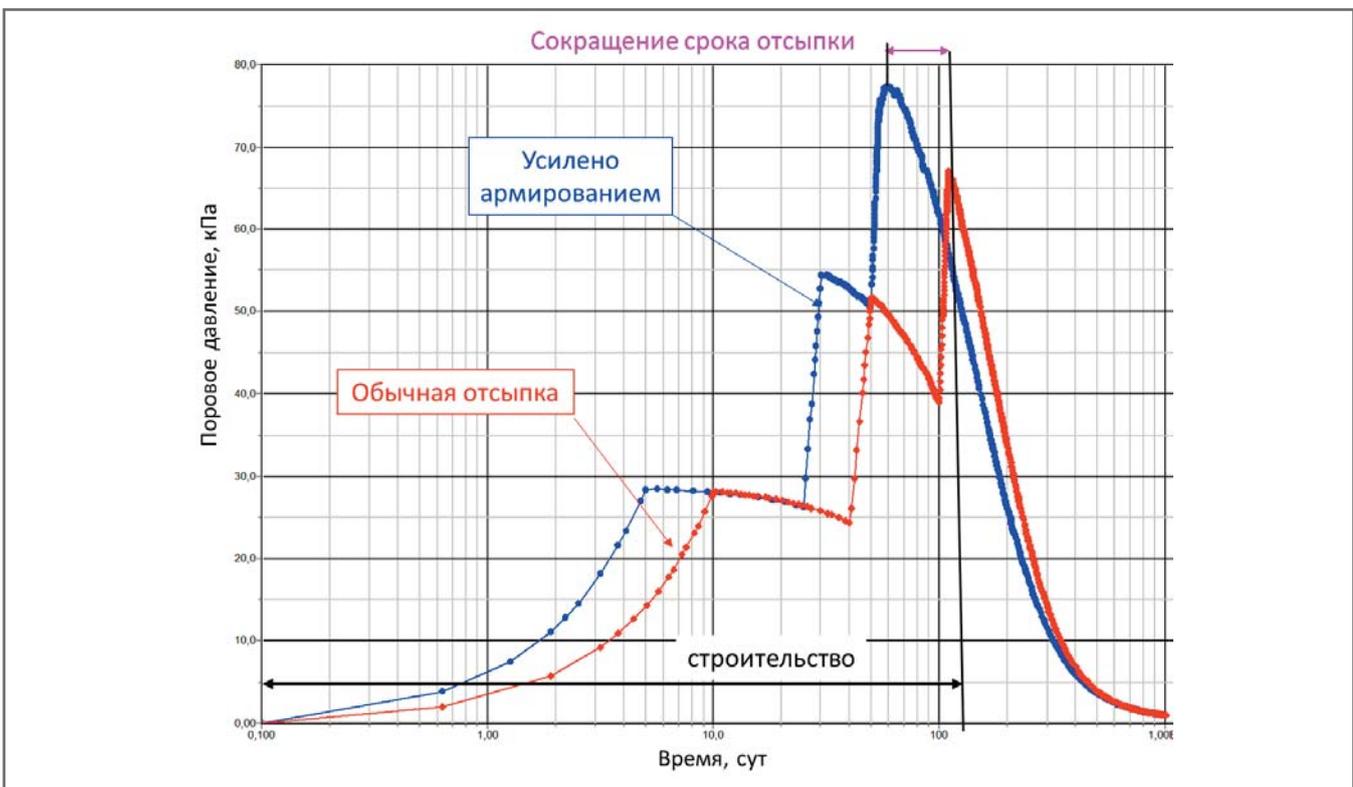


Рис. 13. Изменения порового давления во времени при строительстве насыпи методом предварительной консолидации (в обычном темпе) и при ее ускоренном возведении с армированием

этот вариант существенно проигрывает отсыпке с обычной скоростью.

На рисунке 13 сопоставлены два варианта – строительство насыпи методом предварительной консолидации (в обыч-

ном темпе) и ее ускоренное возведение с армированием. Кривые консолидации для обоих вариантов близки между собой и сокращение сроков отсыпки не влияет на время консолидации.

Временная пригрузка ►

Другим вариантом оптимизации длительности строительства может быть временная пригрузка (нагрузка от временной досыпки). Считается, что

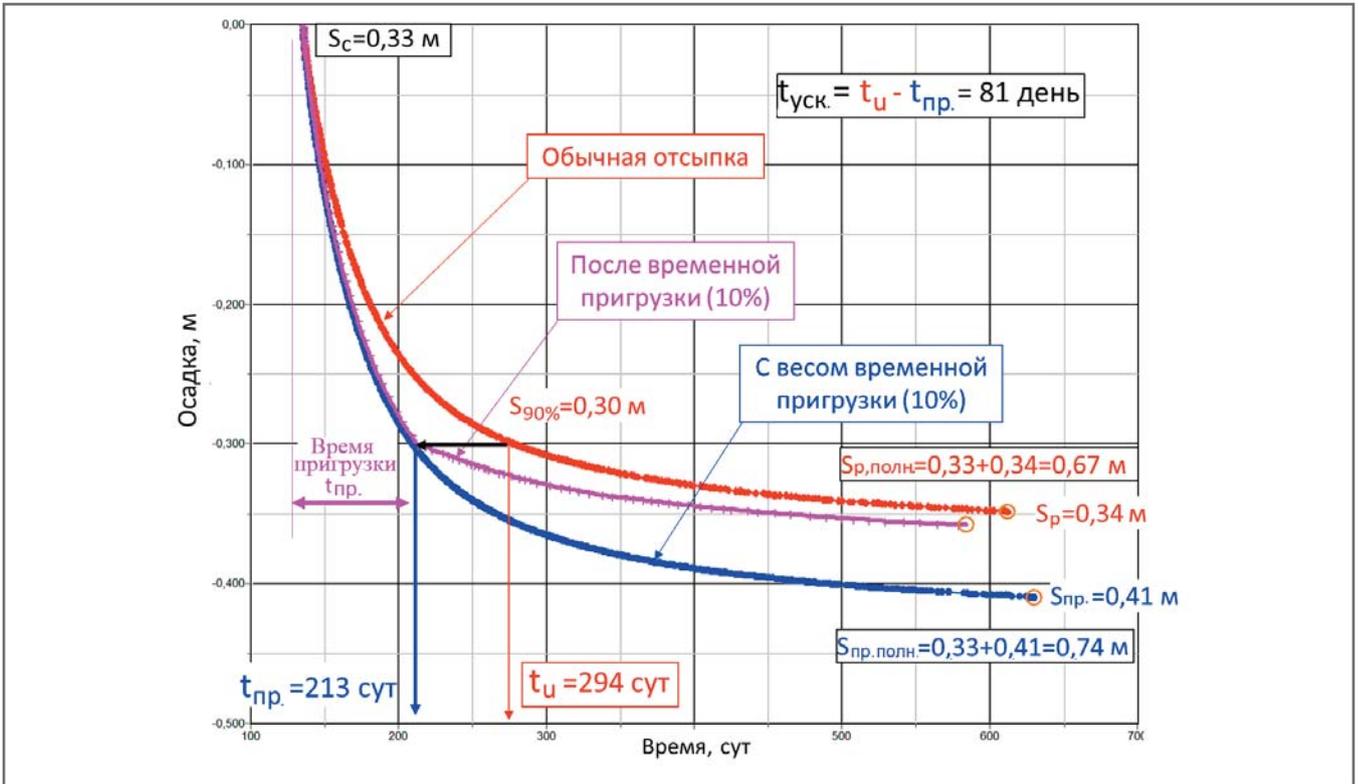


Рис. 14. Пример расчета времени, необходимого для выдерживания пригрузки

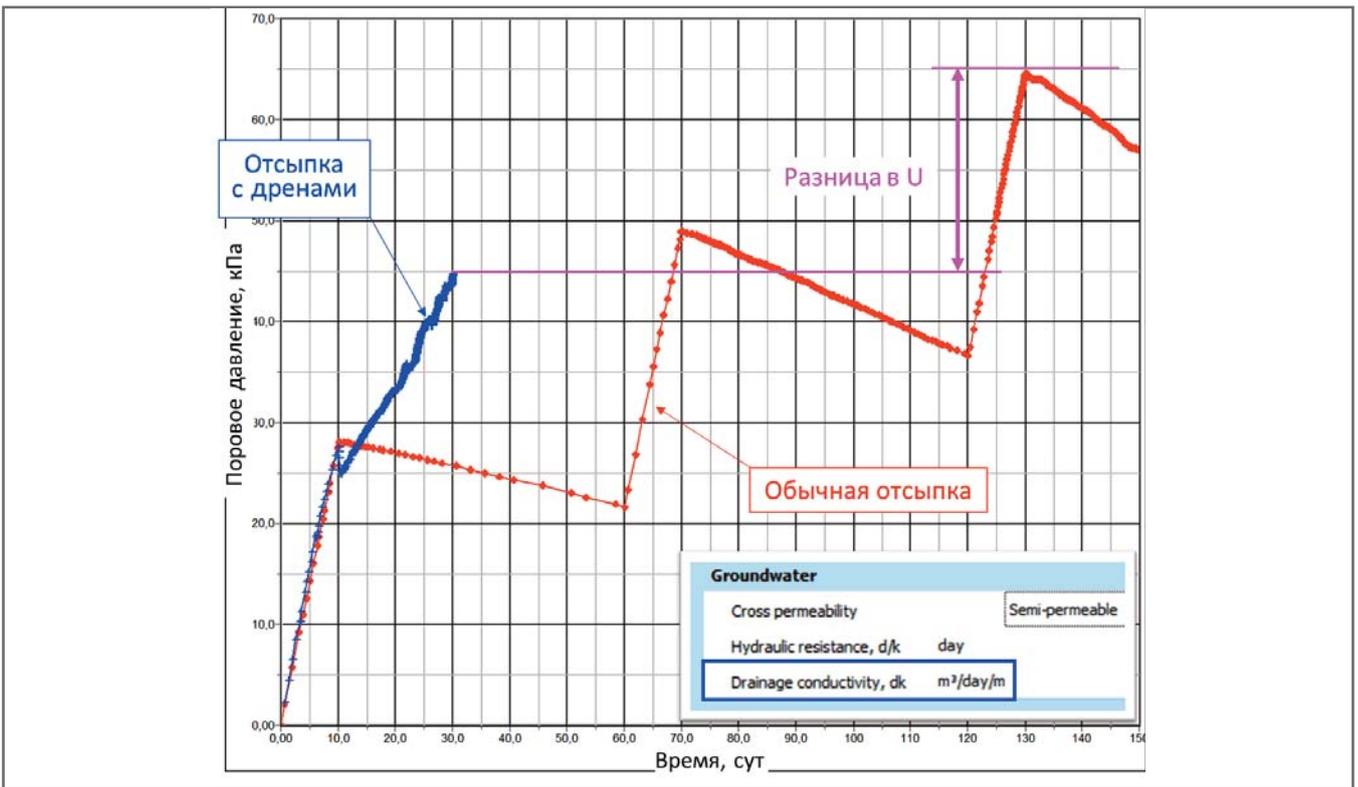


Рис. 15. Варианты отсыпки без дрен и с дренами, заданными в программе PLAXIS элементом interface с понижением проницаемости

при увеличении давления на основание его осадка может быть достигнута быстрее. Рекомендуется принимать толщину пригрузочного слоя, составляющую 0,2–1,0% от проектной высоты насыпи в зависимости от несущей способности основания, но не более 2 м.

Суть этого метода состоит в создании временной пригрузки, превышающей вес насыпи на ΔP , в результате чего расчетная осадка S_p с заданной степенью консолидации U завершается за время $t_{пр.}$, значительно меньшее, чем время t_u при обычной консолидации без

ускорения оседания. Об эффективности данного способа можно судить по времени ускорения осадки $t_{уск.}$.

Для примера рассмотрим насыпь высотой 4,5 м на слабом слое грунта, для которой устраивалась временная пригрузка высотой 10% от высоты са-

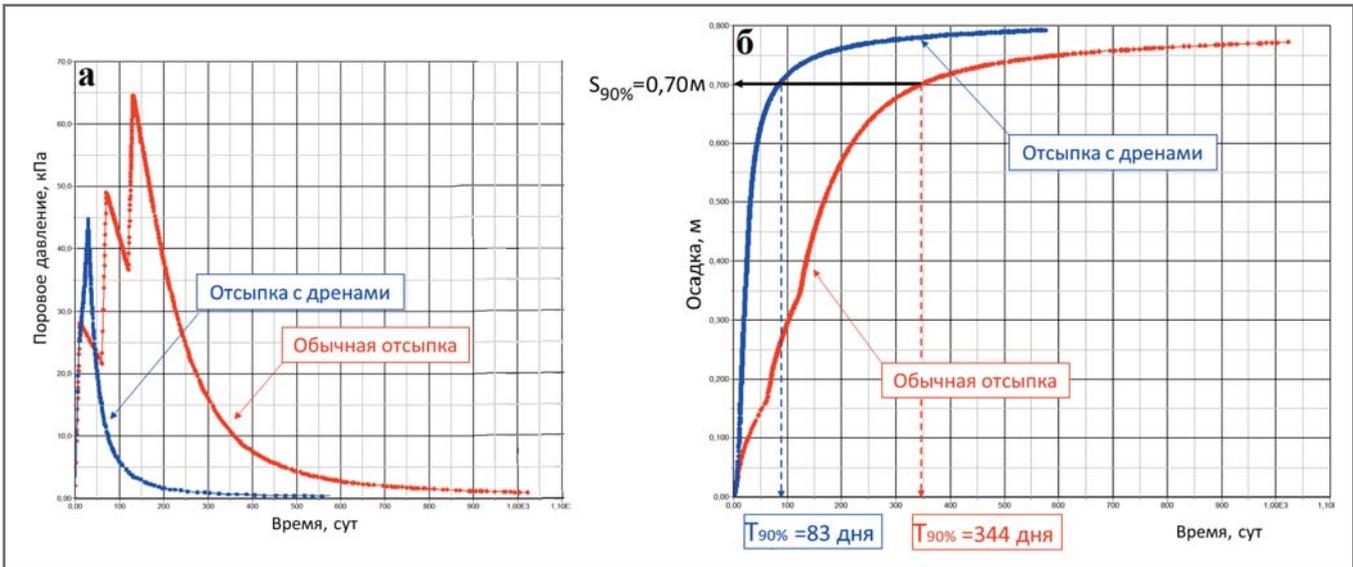


Рис. 16. Отсыпка и консолидация насыпи при использовании вертикальных дрен и без них: изменения порового давления (а) и развитие осадки (а) во времени

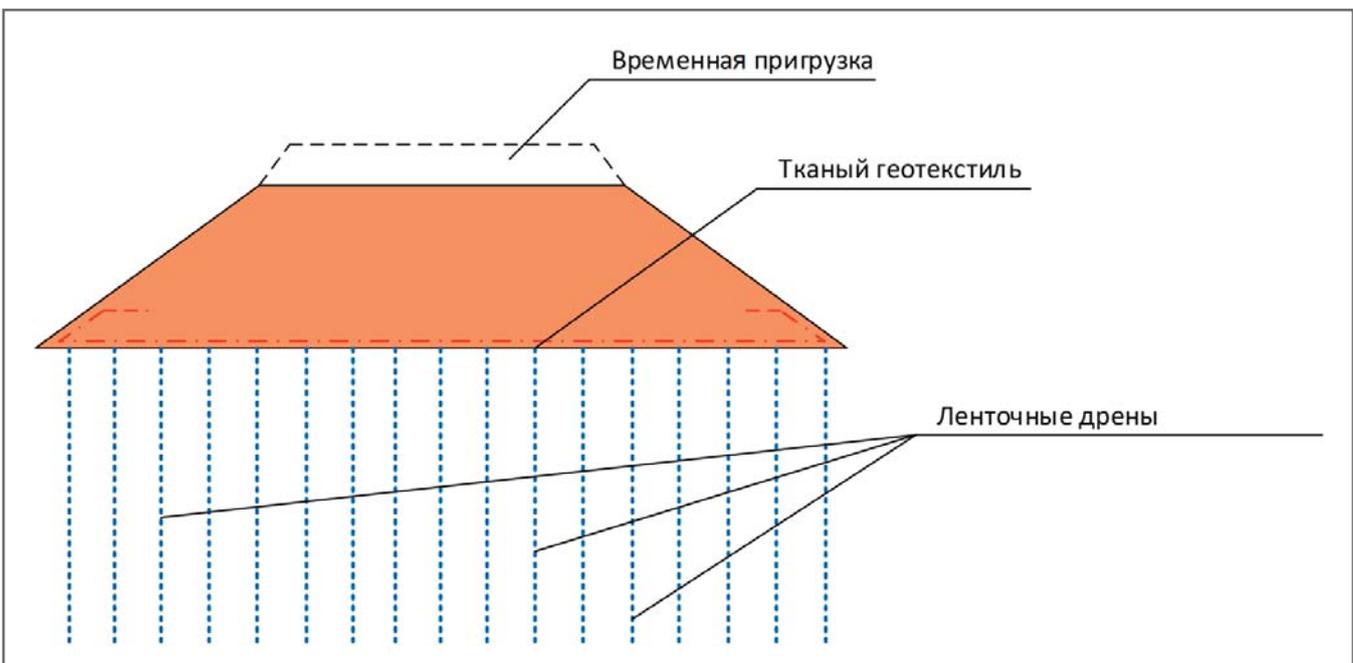


Рис. 17. Комбинированное решение. Схема армированной насыпи с ленточными дренами в основании и временной пригрузкой в поперечном разрезе

мой насыпи. На рисунке 14 приведены графики развития осадок в процессе консолидации после строительного периода. Строительная осадка S_c составила 33 см. Далее было рассмотрено два варианта развития консолидации – под действием веса насыпи (при обычной отсыпке) и под действием веса насыпи с пригрузкой. Вертикальная шкала была обнулена после завершения строительной осадки. Изменения показаны только для процесса фильтрационной консолидации. Расчетная осадка насыпи без пригрузки за время фильтрационной консолидации (S_p) была равна 34 см. Полная осадка $S_{p,полн.}$

составила 67 см. В качестве критерия фильтрационной консолидации было принято достижение 90% от полной осадки, в результате чего осадка $S_{90\%}$ получилась равной 30 см, а соответствующее время t_u – 294 сут. Осадку насыпи с пригрузкой высотой 10% от высоты насыпи до завершения консолидации ($S_{пр.}$) составила 41 см, полная осадка $S_{п.полн.}$ – 74 см. Время $t_{пр.}$, необходимое для достижения равенства осадок $S_{90\%}$ и $S_{пр.}$, получилось равным 213 сут. Это время, в течение которого необходимо выдержать пригрузку. Таким образом, время ускорения осадки $t_{уск.}$ составило 81 день.

Увеличение высоты временной пригрузки имеет следующие особенности:

- большой вес обеспечивает ускорение осадки, то есть дает возможность сократить время консолидации;
- при этом в случае отсутствия дополнительных мер потребуется увеличить общее время строительства, поскольку при большей высоте сооружения (насыпи и пригрузки) требуется обеспечение стабильности основания за счет более щадящей технологии строительства (увеличения длительности выдержек между отсыпками);
- более интенсивное развитие осадки приводит к большей суммарной осадке

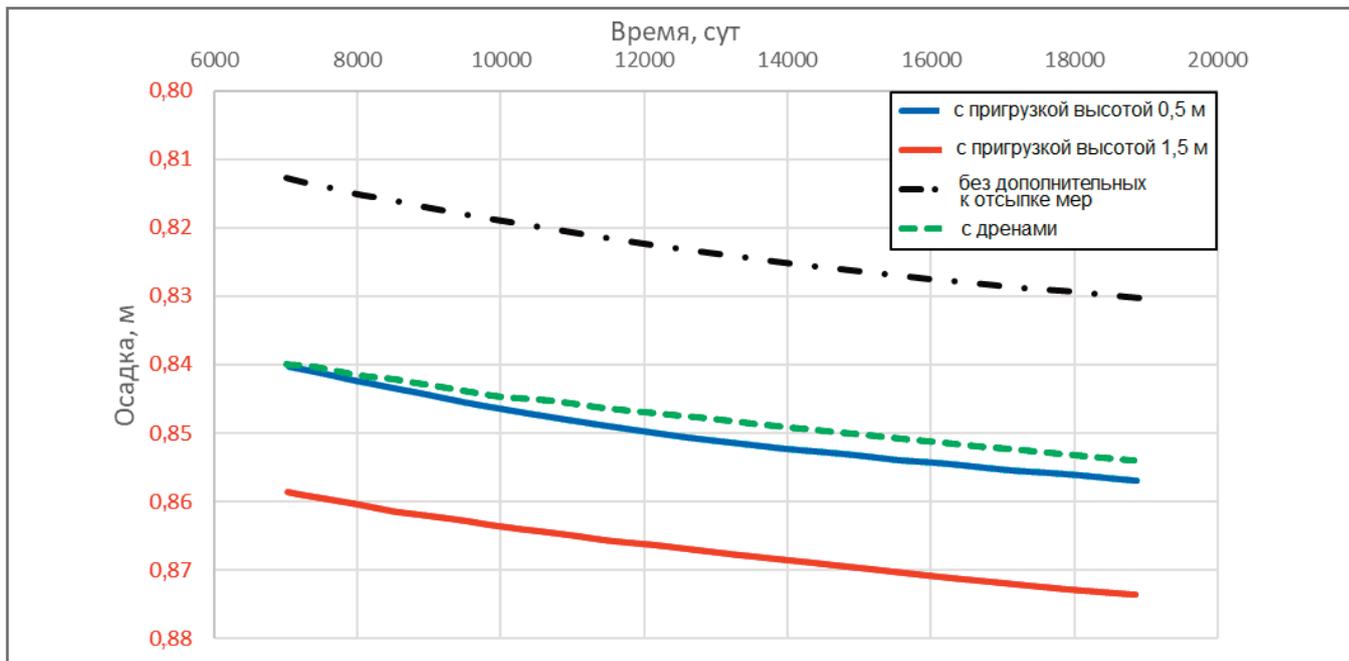


Рис. 18. Фрагменты графиков консолидации (вторичной)

к расчетному моменту времени по сравнению с результатом обычной отсыпки насыпи;

- последнее обстоятельство не позволяет говорить об эффективности пригрузки по отношению к длительной осадке.

Вертикальное дренирование ►

В транспортном строительстве традиционно применяется метод ускорения консолидации и обеспечения упрочнения грунта. Специфика погружения дрен приводит к образованию зоны затирания (*smear zone*) стенки скважины и снижению проницаемости прилегающей к дрене области, что необходимо учитывать в расчетах. Кроме того, на последних этапах фильтрационной стадии осадки дрена подвергается перегибам и изломам, особенно в области, близкой к подошве насыпи.

Однако в целом вариант вертикального дренирования с применением современных геосинтетических ленточных дрен имеет ряд преимуществ. И в тех случаях, когда на объекте соблюдаются необходимые условия применения дрен, их эффективность достаточно высока.

При численном моделировании дрен рекомендуется активировать их на том этапе отсыпки насыпи, когда ее высота достаточна для создания порового давления, градиент которого превышает начальный. Эта высота определяется по формуле, приведенной в нормативных документах по расчетам ленточных дрен. В программе PLAXIS моделиро-

вание дрен может быть выполнено в нестандартной форме – с применением вместо элемента *drain* элемента *interface*, при использовании которого регулируется поперечная и продольная пропускная способность.

Для примера на рисунке 15 отражено строительство насыпи для вариантов с дренами и без них. Дрены были активированы после первой стадии отсыпки, поэтому на первом участке графики практически одинаковы. Активированные дрена начинают оказывать влияние уже на этапе отсыпки насыпи. Эффективность их работы зависит от горизонтального коэффициента фильтрации грунтов, расстояния между дренами и других факторов. Таким образом, дрена позволяют получать экономию времени уже на этапе отсыпки.

Основной эффект от применения вертикального дренирования получается на стадии консолидации. На рисунке 16 показаны полные варианты графиков отсыпки с дренами и без них. На рисунке 16, а приведен график консолидации, на котором видна разница в интенсивности фильтрационной консолидации за счет вертикального дренирования. На рисунке 16, б показано развитие осадки во времени, где видно, что интенсивность оседания с дренами намного выше и время достижения 90%ной консолидации $T_{90\%}$ достигается существенно быстрее, чем в случае обычного варианта отсыпки методом предварительной консолидации. Применение ленточных дрен позволяет влиять на процессы ползучести скелета грунта

за пределами фильтрационной части зоны консолидации.

Комбинированный вариант стабилизации ►

У каждой из рассмотренных выше противодеформационных мер есть свои достоинства и свои недостатки.

Наиболее эффективным для стабилизации основания и ускорения консолидации является совмещение нескольких способов с компенсацией недостатков одного варианта преимуществами другого. Например, это может быть армированная насыпь с ленточными дренами в основании и временной пригрузкой.

Такая конструкция имеет следующие преимущества.

Во-первых, она обеспечивает *устойчивость насыпи при быстром темпе отсыпки*. Наличие армирующей прослойки обеспечивает устойчивость насыпи при отсыпке на нестабилизированное основание с любым требуемым темпом отсыпки, который определяется расчетом.

Во-вторых, происходит *ускорение консолидации*. Ленточные дрена в основании обеспечивают более быстрый «отток» порового давления, что позволяет существенно сократить время консолидации.

В-третьих, обеспечивается *упрочнение грунтов основания (повышение его несущей способности)*. Кроме уменьшения времени консолидации грунтов выбор такого варианта приводит к их естественному упрочнению, повыше-

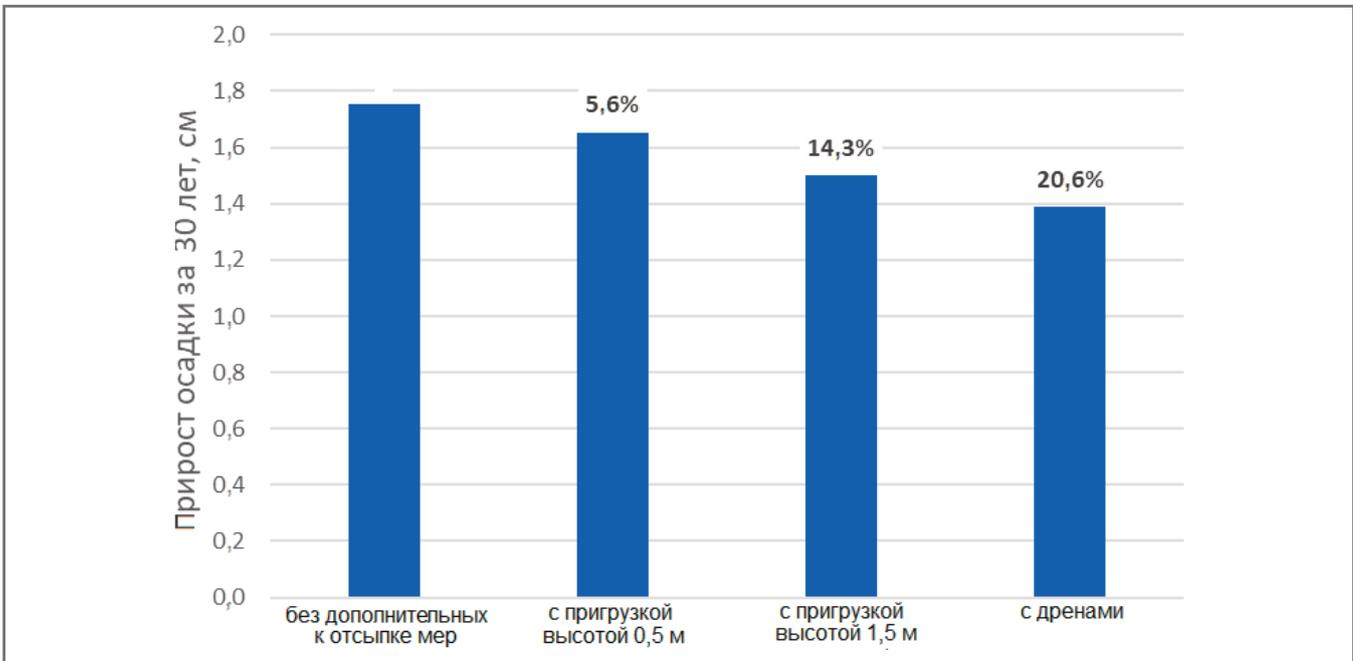


Рис. 19. Сравнение влияния на вторичную консолидацию для вариантов отсыпки с дополнительными мерами по сравнению с обычной отсыпкой без них. Наверху указаны процентные доли снижения приростов осадок

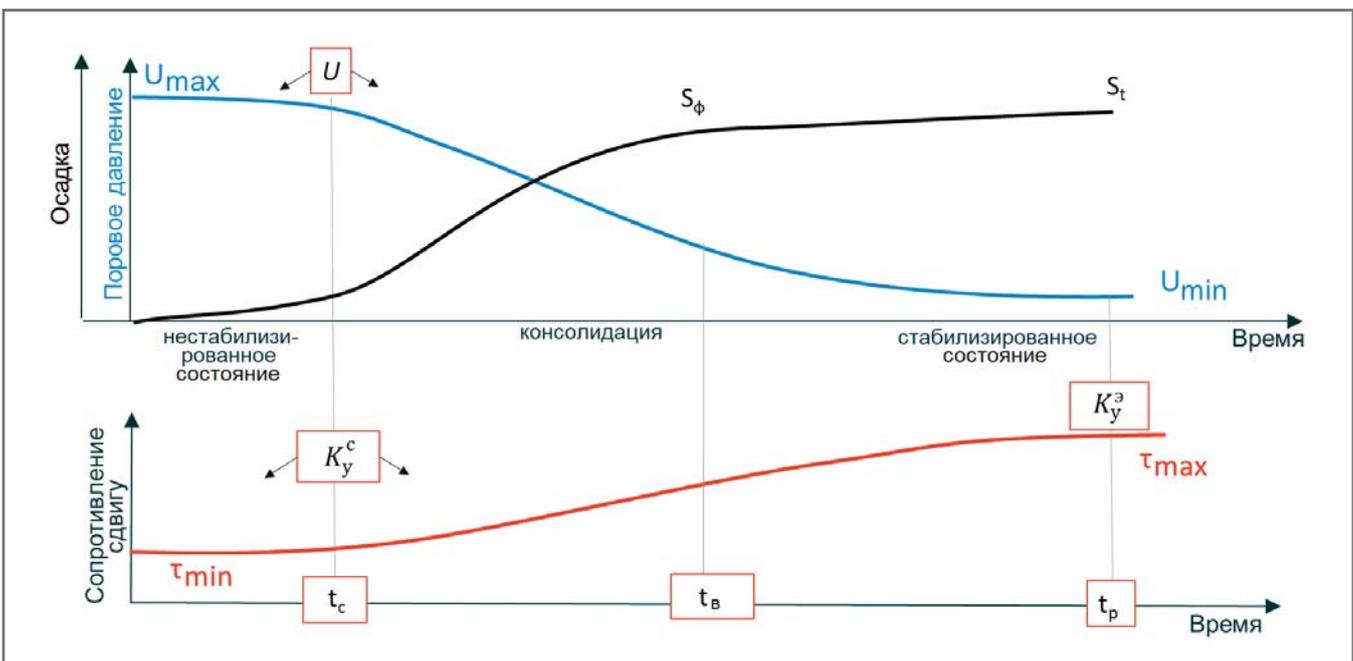


Рис. 20. Основные закономерности поведения насыпи на слабом основании во времени и его критерии

нию устойчивости насыпи и стабильности основания. Использование временной пригрузки уменьшает влияние ползучести (вторичной консолидации), что особенно важно для ВСМ, для которых нормируются осадки за срок службы.

Эффективность рассматриваемой конструкции определяется такими ее составляющими, как:

- *ленточные дренаи*, которые обеспечивают упрочнение грунта и ускорение консолидации (их наличие делает влияние временной пригрузки намного эффективнее);

- *армирование*, которое дает устойчивость до начала работы ленточных дрен, а также позволяет увеличить высоту пригрузки в соответствии с расчетами;
- *временная пригрузка*, которая вызывает принудительное деформирование слабого слоя (а после ее снятия, особенно если ее давление близко к давлению транспорта, остаточные деформации будут минимизированы или исключены).

Длительная осадка ►

С помощью полноценных геотехнических расчетов с использованием числен-

ных методов и комплексных геомеханических моделей грунтов можно оценить влияние рассмотренных мер на процессы вторичной консолидации. Это важно при проектировании ВСМ, для которых критерий осадки за время эксплуатации уже внедрен в нормативные документы. На рисунке 18 приведены фрагменты графиков консолидации за время от 20 до 50 лет, относящиеся к вторичной консолидации (ползучести), для приведенных выше вариантов строительства.

Кривые осадок на рисунке 18 не имеют «полки», то есть оседание про-

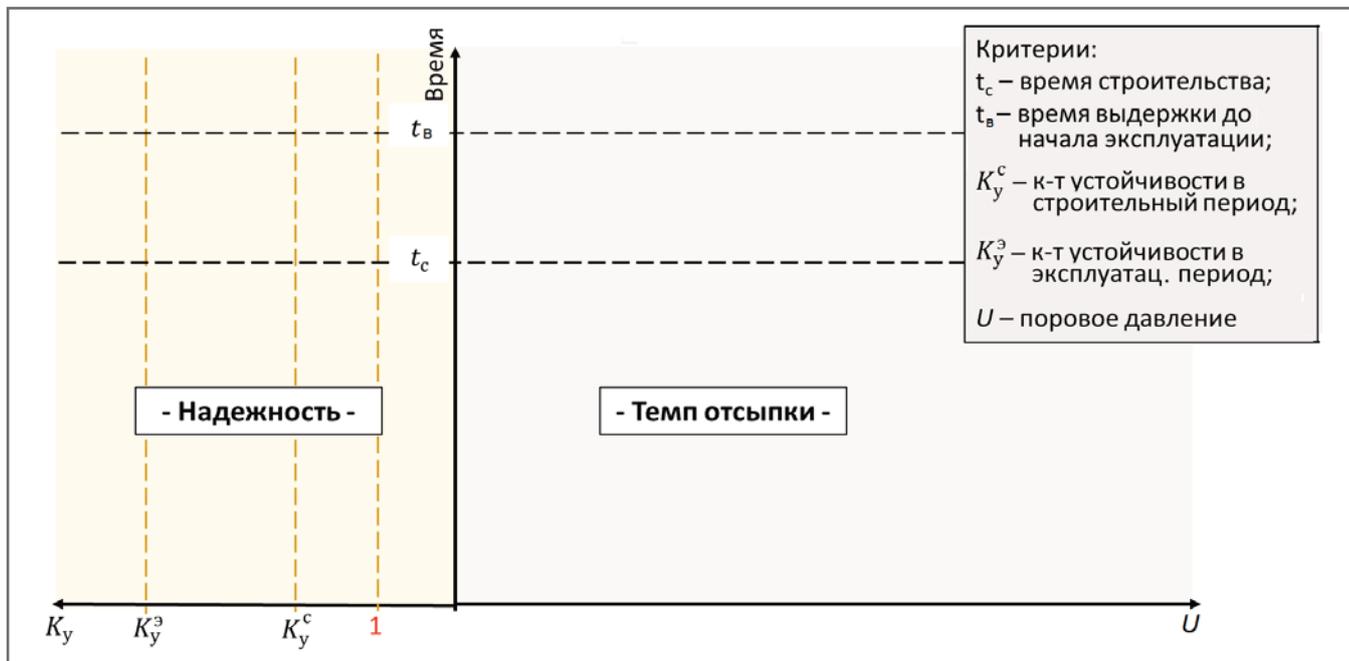


Рис. 21. Области оценки надежности (слева) и темпа отсыпки (справа) для разработки вариантов проектных решений

долгается бесконечно долго (это так называемые вековые осадки), только их интенсивность со временем снижается. Для сравнения вариантов были вычислены приросты осадок за 30-летний период, чтобы показать, насколько каждая мера оказывает влияние на ползучесть. На рисунке 19 продемонстрированы вычисленные приросты осадок за указанное время и проценты их снижения для разных вариантов с дополнительными мерами по сравнению с обычной отсыпкой насыпи.

Таким образом, анализ показал, что чем больше высота пригрузки и чем быстрее протекает фильтрационная часть консолидации, тем эффективнее подавляется проявление реологических свойств грунтов.

Принципы геотехнического проектирования ▶

Из положений механики грунтов известно, что избыточное поровое давление, возникающее при нагружении слабопроницаемых и сильносжимаемых грунтов, оказывает влияние как на осадку и консолидацию, так и на сопротивление сдвигу и устойчивость. В общем виде взаимосвязь между этими параметрами можно представить в виде графиков изменений порового давления, сопротивления сдвигу и осадки во времени (рис. 20). Выделяют следующие основные критерии для расчетов и проектирования: время строительства t_c ; время выдержки до начала эксплуатации t_b ; расчетное время эксплуатации t_p ; коэффициент устойчивости в строи-

тельный период K_y^c ; коэффициент устойчивости в эксплуатационный период $K_y^э$; поровое давление U ; осадка насыпи S_t к расчетному моменту времени t_p ; осадка насыпи S_ϕ к моменту завершения фильтрации.

Возникающее при нагружении основания поровое давление снижает трение в грунте, способствуя переходу в предельное состояние. Величина порового давления зависит от темпа строительства, последовательности приложения нагрузок и фильтрационных характеристик грунтов. Учет указанных факторов позволяет обеспечить надежность сооружений с одной стороны и экономичность их возведения с другой.

На комбинированном рисунке 21 продемонстрированы взаимное влияние указанных факторов и учет нормативных критериев проектирования. Слева показана область оценки надежности, где по горизонтальной оси отложены значения коэффициента устойчивости (на этой оси отмечены основные критерии для строительного и эксплуатационного периодов – коэффициент устойчивости в строительный период K_y^c и коэффициент устойчивости в эксплуатационный период $K_y^э$). А с правой стороны рисунка показана область оценки темпа отсыпки, где по горизонтальной оси отложены значения порового давления. По общей вертикальной оси отложено время (на ней отмечены временные ограничения по продолжительности строительства и эксплуатации).

На рисунке 22 для примера сопоставлены два варианта проектных ре-

шений: с применением метода предварительной консолидации и с использованием системы вертикального дренирования в виде геосинтетических ленточных дрен. В правой части рисунка на графиках зависимости порового давления U от времени t нагружение 0–1 в быстром темпе приводит к достижению предельно допустимого значения порового давления U_1 и разрушению. В левой части на графиках зависимости коэффициента устойчивости K_y от времени t медленная отсыпка с выдержками 0, 2, 3, 4, 5, 6 обеспечивает безопасное строительство, однако на момент завершения отсыпки (в точке 6) коэффициент запаса меньше значения, требуемого по нормативным документам. Вариантом решения проблемы может стать увеличение длительности выдержки 4–5 перед отсыпкой последней части насыпи. Длительность выдержки 4–7 позволяет снизить поровое давление с U_2 до U_3 , что обеспечивает удовлетворение критерия устойчивости в строительный период (в точке 7). Надежность обеспечена также и для периода эксплуатации, но этот вариант строительства нарушает заданные сроки начала эксплуатации (в точке 8).

Альтернативный вариант строительства с использованием ленточных дрен удовлетворяет критериям как для стадии строительства, так и для стадии эксплуатации. На основании подобного анализа принимается решение о выборе того или иного варианта противодеформационных мер с учетом технологиче-

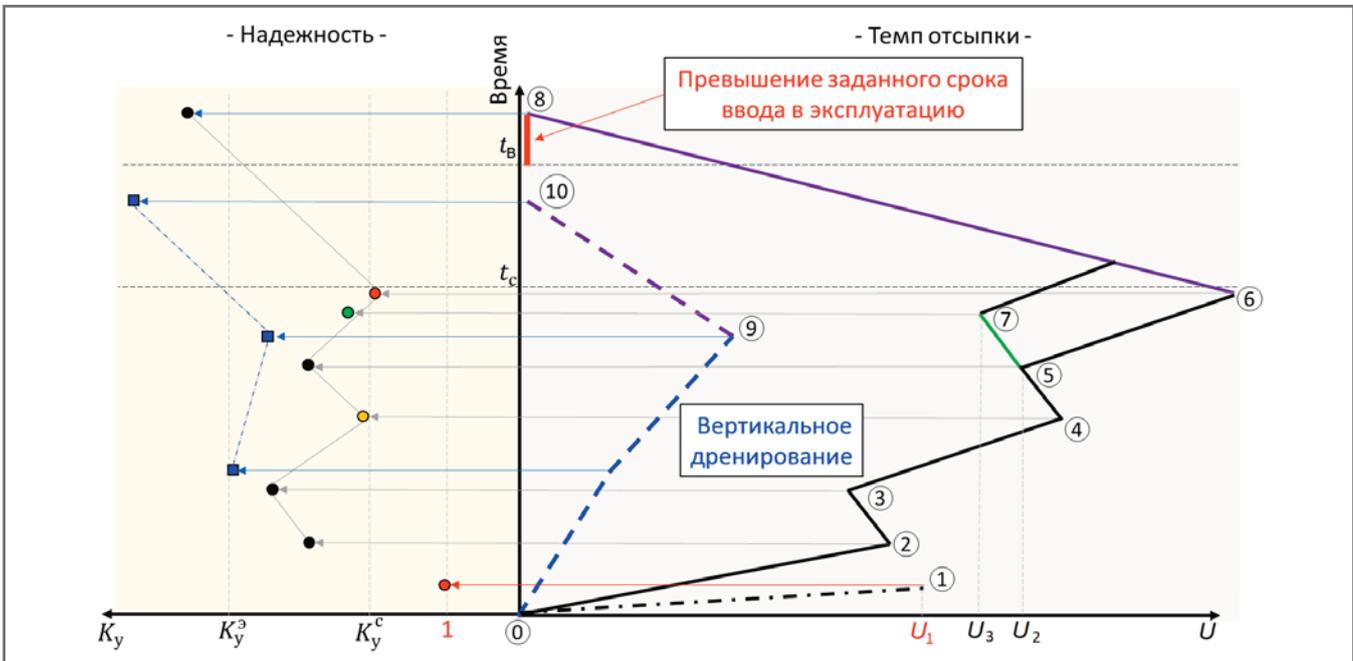


Рис. 22. Сопоставление двух вариантов проектных решений (с применением метода предварительной консолидации и с использованием системы вертикального дренирования в виде геосинтетических ленточных дрен) для демонстрации принципа индивидуального проектирования насыпей на слабом основании с учетом порового давления на конкретном примере

ских особенностей, оценки надежности и контроля сроков.

Заключение ►

Проектирование насыпей на слабых грунтах требует особого подхода. Принятие проектного решения полностью основано на геотехнических расчетах. Наиболее полноценными являются совместные расчеты деформаций, времени их реализации, стабильности и устойчивости. Совместность расчетов обеспечивается численными методами расчетов (методом конечных элемен-

тов) с использованием математических моделей.

Поровое давление зависит от скорости нагружения и проницаемости грунтовой толщи. Оно оказывает влияние на стабильность основания и на устойчивость сооружения. Его контроль необходим при возведении насыпей. Критерии для мониторинга порового давления должны быть получены на основании прогнозной расчетной схемы.

Выбор мер по усилению и стабилизации основания или по ускорению сроков консолидации осуществляется с по-

мощью вариантных расчетов. Эффективность одной меры или их комбинации определяется по критериям нормативных документов – прогнозной скорости осадки и оценке надежности.

Проектирование транспортных объектов неизбежно встречается с пересечением трассой участков, сложенных слабыми грунтами. Назначение индивидуального или группового проектного решения для строительства авто- и железных дорог не представляется возможным без расчетов с участием геотехников. **и**



Telegram-канал журнала

Независимый электронный журнал
ГеоИнфо

- Новости
- Статьи
- Обсуждения

<https://t.me/geoinfonews>



Источник фото: Midjourney
The photo source: Midjourney

ПОЧЕМУ СТРОИТЕЛИ НЕ ХОТЯТ БЫТЬ BIM-ПРОЗРАЧНЫМИ И САБОТИРУЮТ ЦИФРОВИЗАЦИЮ

ЕРЕМЕЕВА МАРИЯ

Специальный корреспондент

АННОТАЦИЯ

С июля 2024 года строительные компании, имеющие отношение к государственным проектам, долевому строительству, обязаны использовать технологии информационного моделирования (ТИМ, англ. BIM – Building Information Modeling). Это касается договоров на изыскания и проектирование, заключенных после 1 июля 2024 года, и разрешений на строительство, полученных после 1 января 2025 года.

Если документы на изыскания и проектирование были оформлены раньше, а разрешение на строительство будет получено после 1 января 2025 года, значит для этих работ также должна быть создана информационная модель.

Строители пытаются всеми правдами и неправдами максимально оттянуть переход на трехмерное информационное моделирование. Они не хотят быть прозрачными, например для заказчика, им это невыгодно. Эксперты говорят, что у изыскателей, сметчиков и проектировщиков тоже были трудности с адаптацией в этом направлении, но не такие болезненные, как у строителей.

Фанатичные сторонники цифровизации видят в сопротивлении строителей единственную причину – вредность. Специалисты, не считающие себя ее противниками, но и не видящие в ней только «вау-эффект», готовы объяснить, почему стройку непросто оцифровать и уместить в ТИМ-модель, как заводское производство.

Нет единого мнения и по поводу понятий ТИМ и BIM – одно и то же это или нет. Популярно мнение о том, что ТИМ – это BIM в переводе на русский, но на отечественном программном обеспечении. Компании, которые работали с BIM, скептически воспринимают ТИМ. А кому-то не нужны ни ТИМ, ни BIM, ни ЦИМ (цифровое информационное моделирование объектов капитального строительства).

Редакция журнала «ГеоИнфо» собрала разные точки зрения из профессиональных чатов и мнения участников конференции «Изменения в законодательстве – 2024. Курс на цифровизацию» (организатор – ГК «Техэксперт Корпоративные Решения»). Проблемы сопротивляющихся строителей обсуждались на секции этой конференции «Цифровизация строительства: от проектирования до эксплуатации».

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

строительные компании; государственные проекты; долевое строительство; технологии информационного моделирования (ТИМ); трехмерное информационное моделирование; цифровизация строительства; прозрачность для участников рынка; сопротивление строителей.

WHY DO BUILDERS NOT WANT TO BE BIM-TRANSPARENT AND SABOTAGE DIGITALIZATION?

EREMEYEVA MARIYA

Special correspondent

ABSTRACT

Since July 2024, construction companies related to government projects and shared construction are required to use technologies of information modeling (TIM, engl. Building Information Modeling – BIM). This applies to survey and design contracts concluded after 1 July 2024 and construction permits received after 1 January 2025.

If survey and design documents were completed earlier and the construction permit will be received after 1 January 2025, an information model should also be created for these works.

Builders are trying by hook or by crook to delay the transition to three-dimensional information modeling as much as possible. They do not want to be transparent, for example for customers. It is not profitable for them. Experts say that surveyors, estimators and designers also had difficulties concerning the adaptation in this direction, but not as painful ones as builders had.

Fanatical supporters of digitalization think that the only reason for the resistance of builders is harmfulness. Specialists, who do not consider themselves the opponents of digitalization but also do not only see a “wow effect” in it, are ready to explain why it is not easy to digitize construction and fit it into a BIM model, unlike factory production.

There is no consensus on the concepts of TIM and BIM: are they the same things or not? There is a popular opinion that TIM is BIM translated into Russian, but with the use of Russian software. Companies, which have worked with BIM, are skeptical about TIM. And someone does not need neither TIM, BIM nor DIM (digital information modeling of capital construction objects).

The editorial staff of the “GeoInfo” journal has collected various points of view from professional chats and various opinions of participants of the conference “Changes in the legislation – 2024. A course to digitalization” (organized by Techexpert Corporate Solutions group of companies). The problems of resisting builders were discussed at the section “Digitalization of construction: from design towards operation” of this conference.

KEYWORDS:

construction companies; government projects; share building; information modeling technologies (TIM); three-dimensional information modeling; digitalization of construction; transparency for market participants; resistance of builders.

Почему переход строительства на цифровизацию был перенесен с 2022 на 2024 год ▶

Постановление Правительства РФ об обязательном переходе на ТИМ с 1 июля 2024 года было подписано в сентябре 2023 года. Участники строительного рынка будут обязаны создавать информационную модель на каждой стадии жизненного цикла объекта.

Первоначально была другая дата – с 1 января 2022 года все бюджетные стройки должны были вестись с применением BIM-технологий. Однако проектно-изыскательские и строительные организации не торопились переходить на сквозную цифровизацию. Они ссылались на дорогостоящее лицензионное программное обеспечение (ПО), отсутствие кадров.

Все информационные модели на тот момент выполнялись в американской программе Autodesk Revit. Про отечественные аналоги, например Renga, Model Studio и другие, мало кто знал. В любом случае они считались слабыми конкурентами зарубежных версий из-за сложности установки, частых сбоев. Компании согласны были устанавливать российское ПО, только если это потребует для госконтракта и при этом будет поддержка от государства.

После ухода из России западных поставщиков срок обязательного перехода на ТИМ был отложен на неопределенное время. В освободившуюся нишу хлынули отечественные разработчики. И они продолжают отвоевывать себе пространство в строительной отрасли, которую считают очень привлекательной.

За два минувших года появилось много новых технологий для информационного моделирования, программы значительно улучшились. Федеральные ведомства озадачились ускорением автоматизации и много сделали в этом направлении. Правительство вернулось к идее обязательного перевода строительства на сквозную цифровизацию и обозначило новую дату – 1 июля 2024 года.

Даже если считать это решение окончательным и бесповоротным, переход растянется еще на несколько лет. Единое информационное поле будет создано не скоро, потому что бизнесы и территории слишком разные. По уровню цифровой зрелости остальные регионы отстают от Москвы и Санкт-Петербурга на несколько лет. Нет даже единого понимания трехмерного моделирования. Некоторые

специалисты именуют BIM-моделью разрозненные файлы и уверены, что они уже перешли на BIM-технологии.

Почему оцифровать строительство сложнее, чем другую деятельность ▶

В поисковой выдаче «Яндекса» можно найти статью 2013 года о «вредных строителях», которые «не хотят BIM». Автор объяснял «архитекторам, фанатеющим от BIM», почему для строителей это неудобно и дорого. По его словам, нет смысла менять привычную структуру документооборота, если сегодня компания строит один объект, где BIM-технология нужна, а завтра – другой, где она не нужна. Неразумно тратиться на дорогостоящее оборудование, если строители контактируют с проектировщиком один раз в два-три года, принимая новый проект.

Прошло 11 лет. Позиция строителей и аргументы их оппонентов не изменились, разве что теперь цифровизация стало больше и ее сделали обязательной.

На конференции «Изменения в законодательстве – 2024. Курс на цифровизацию» генеральный директор ССК «УрСиб» Юрий Десятков сказал, что причина внутриотраслевой несогласованности коренится в 1990-х годах, когда «разорвали отрасль» на строителей, проектировщиков и изыскателей.

«Лаборатории тоже сами по себе. Не должно быть такого», – добавил генеральный директор ООО «Инжстрой-проект» Иван Виденин.

Регионы также сами по себе – оттого создание единого информационного поля существует пока только в теории. «Мы имеем цифровое отставание регионов от Москвы на четыре-пять лет», – констатировал руководитель центра сертификации и повышения квалификации СДС «BIMSERT» Сергей Драгомиров.

Изыскателям, сметчикам, проектировщикам, производственникам проще перейти на сквозную цифровизацию, чем строителям.

«Строительный объект очень долго создается. Здесь нельзя быстро поменять материалы и работников, как на обычном производстве. Никто не строит за свои средства – кредиты и деньги дольщиков привлекаются частями», – пояснил начальник управления BIM в строительстве АО «Рублево-Архангельское» Вадим Степанов.

Чтобы создать информационную модель, все должно быть корректно посчитано и в нее внесено: изыскания, анализ

рынка и места, логистика, потребности в энергоресурсах. Предполагается, что все будет предсказуемо, но стройка никогда не идет по плану. Меняющимися обстоятельствами нужно и можно оперативно управлять, принимать решения по поводу материалов, рабочих, инженерно-технического персонала.

Стройка – цикличная финансовая история. На старте никогда нет полной суммы, чтобы хватило на финансирование работ от начала до конца. Изыскания и проектирование чаще всего делаются за чей-то собственный счет. Банк дает кредит только после получения застройщиком разрешения на строительство и частями. Каждый раз надо доказывать, что работы выполнены, приняты, зафиксированы.

Финансирование может заморозиться, если банк посчитает дальнейшее перечисление денег рискованным. Причины могут быть какими угодно (например, отсутствие фото- и видеосъемки работ, окончание срока членства в СРО застройщика или его подрядной организации).

«Сквозная цифровизация позволит увидеть весь процесс. Но то, что кажется сторонникам цифровизации удобным, ясным и положительным, на практике может иметь обратный эффект. Слишком много чувствительных факторов, потому-то в текущих реалиях полный переход на цифровизацию и воспринимается строителями отрицательно. Слишком разные у всех бизнесы, и прозрачность для участников рынка – это уязвимость», – подчеркнул Вадим Степанов.

Чего хотят строители ▶

Цифровизация строителям неинтересна, потому что у них другие задачи, внешние и внутренние потребности. Внешние – уложиться в календарно-сетевой график, внутренние – как можно раньше сдать объект и как можно больше заработать, а если что не так, то найти виноватого (и потому подрядчики частенько друг на друга «пальцем показывают»).

Объективные и субъективные причины тесно переплетены между собой. В отрасли присутствует дефицит проектного управления. Нужно вырастить новых специалистов по управлению проектами, которые, возможно, будут иначе относиться к ТИМ. Пока же при внедрении цифровых технологий и наращивании прозрачности начинается саботаж. В лучшем случае информационная модель делается для удовлетворения госзаказчика.

Дефицит кадров и ужесточение конкуренции в строительстве наблюдаются во всем мире. Уйдут с рынка те, кто не умеет все посчитать до копейки – это даже важнее, чем ТИМ. Например, феномен турецких строителей – как раз в умении считать. В 2023 году Турция вошла в тройку стран с самыми богатыми строительными компаниями.

Турки накопили капитал очень быстро и успешно строят по всему миру. Они нанимают местных работников – и везде у них хорошие результаты. Подход к планированию у них всегда одинаковый. Цифровых технологий у них мало, зато подсчета много. Они каждую неделю подсчитывают, что сделали, сколько потратили и как расходы коррелируют с планом.

Впрочем, бывает, что в погоне за прибылью турки тоже грешат. Одна из причин больших разрушений во время землетрясения в Турции в январе 2023 года – несоблюдение технологий сейсмоустойчивости зданий при строительстве. «Контроль на стройке все еще везде и всегда нужен, нельзя терять качество в погоне за прибылью», – подчеркнул Вадим Степанов.

Председатель Альянса поддержки инноваций в градостроительстве (АПИГС) Михаил Косарев обратил внимание на «цифровую бюрократию». Она развивается параллельно со стремлением упростить работу с помощью ТИМ. Это крайность, противоположная саботажу: раздувание штатов, ведение цифровых документов параллельно с бумажными, создание большого количества стандартов, порой некачественных и противоречащих друг другу.

В конце прошлого года Минстрой РФ инициировал создание Ассоциации технических заказчиков. Новому профобъединению поручат разработку единых правил игры, в том числе в применении ТИМ. Предполагается, что они будут носить рекомендательный характер и поспособствуют ускорению строительства.

Сейчас на согласование некоторых промышленных объектов тратится три-четыре года, а за это время они могут утратить актуальность. Сдача строительных объектов порой растягивается на сроки до 10 лет, и никто не несет персональную ответственность за это. ТИМ-технологии призваны снизить влияние человеческого фактора и количество конфликтов между участниками стройки, куда входят заказчики, изыскатели, проектировщики, строители-подрядчики, поставщики, контроли-

рующие органы, инвесторы. Нужна прозрачная методология выстраивания отношений.

Еще одна проблема – разнообразие ПО, когда не всегда одно совмещается с другим. Этим пользуются посредники, предлагающие услуги по переводу файлов из одного формата в другой. Эксперты считают, что такому бизнесу не место в строительной отрасли.

Что именно упрощает ТИМ ►

Советник председателя Комитета по строительству Санкт-Петербурга Елена Чеготова рассказала, как в Северной столице переводили исполнительную документацию в единый электронный формат. Эта работа была обусловлена статьей 21 Федерального закона № 248 от 31.01.2020 «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в РФ», разъяснениями Минстроя РФ от 25.08.2023, поручениями на уровне министерств и Правительства РФ, а также статьей 57.4 Градостроительного кодекса РФ (теперь эта статья именуется «Реестром требований в области инженерных изысканий, проектирования, строительства и сноса», а ранее был «Реестр документов...»).

Постановлением Правительства РФ № 1417 от 31.08.2023 утверждены правила формирования и ведения реестра требований, подлежащих использованию при проведении экспертизы проектной документации, результатов инженерных изысканий, архитектурно-строительного проектирования, капитального ремонта, эксплуатации и сноса объектов капитального строительства. Реестр находится на платформе ГИС «Стройкомплекс РФ».

«Реестр документов...» заменили на «Реестр требований...» потому, что порой невозможно вспомнить, в каком документе какие требования. Например, целых 19 технических регламентов имеют отношение только к стройке в целом. А есть еще дополнения к каждому техрегламенту – это огромный массив данных.

У специалиста бывает до 100 объектов на контроле. Реестр же требований, привязанный к задачам, упрощает и ускоряет работу.

«Сейчас мы стараемся сделать требования машиночитаемыми. Скоро они станут машинопонимаемыми. Данный функционал может быть полезен на всех стадиях – от задания на изыскания и проектирование до судебных экспертиз», – сказала Елена Чеготова.

Единых подходов к цифровизации даже в госструктурах нет. Какая методика станет корректной и обязательной для всех, неизвестно. Возможно, будет выбрана та, которую будут активно защищать в суде. Но судебная практика еще не накопилась.

Сложность создания и внедрения цифровых методик накладывается на правовой нигилизм типа «сам все знаю» и на сопротивление строителей. Для них, например, болезненно, что информация обо всех изменениях при работе с применением ТИМ-технологий не удаляется из цифровых документов, а остается там навсегда. То есть, если строители поменяли что-то в документах, им не удастся это утаить.

Имеет место также внутриотраслевой конфликт между строителями и проектировщиками. Как пояснил сертифицированный судебный эксперт по строительству в России, президент Консорциума строительного инжиниринга Сергей Петров, строители порой меняют даже документы, которые прошли госэкспертизу. Проектировщик – не авторитет для строителя.

Владелец группы компаний «Ирисофт» и совладелец компании «Цифровой центр инжиниринга» Марк Пак назвал две причины того, почему это происходит: низкое качество проектной документации и вынужденные обстоятельства. Бывает, что срочно нужно менять материалы, оборудование, а это – деньги и время.

Несмотря на то что цель у всех общая – сдача объекта в эксплуатацию, конфликты возникают потому, что проектировщики слишком поздно привлекают строителей к сотрудничеству. Хотя надо было бы с самого начала, а не когда проект уже готов.

То же и с поставщиками. С ними надо договариваться о выпуске продукции и логистике с самого начала, а не когда начались проектирование и строительство. Зачастую проектировщик, заинтересованный в вознаграждении, рекомендует строителям дорогие материалы и лишает их права выбора. Если строители не могут справиться с задачей, то они вносят корректировки в свою работу и в документы, никого не уведомляя об этом.

Чтобы вовремя возвести и сдать объект, можно и дальше сопротивляться внедрению ТИМ, а можно пойти другим путем – наладить грамотный информационный менеджмент. Владелец информационной модели объекта должен быть технический заказчик –

ведь он главный на стройке, а не застройщик.

ТИМ в строительстве заработает, если ориентироваться не на количество документов, которое надо перевести в какой-то формат, а на сервис в отрасли. Тогда проектировщики будут задавать вектор развития, строители – подхватывать его и развивать, а не решать точечные задачи и не спорить о том, кто более значимый в строительном процессе.

Выводы о том, как сделать выбор ►

Переход на трехмерные цифровые модели неминуем и обязателен с 1 июля 2024 года, но это не «выбор без выбора». У участников строительного рынка выбор есть.

Выбор деятельности. Одни компании, желающие работать с госзаказами и с долевым жильем, приняли новые правила игры и адаптировались. Другие продолжают тратить силы на сопротивление. Третьи заняты в нишах, которые никак не пересекаются с цифровыми новшествами.

Выбор названия. Для некоторых имеет значение название технологии – ТИМ, ВІМ или ЦІМ. Есть эксперты, которые считают, что ЦІМ – лучший выбор, и он отличается от ТИМ и ВІМ. Альтернативное мнение заключается в том, что все это одно и то же.

Выбор ответственности. Трехмерные модели объектов задуманы для того, чтобы сделать строительство прозрачным, а действия специалистов и команд – согласованными. Все будет отвечать за свою часть работы и при этом работать на общую цель и разделять общую ответственность за строительный объект.

Выбор своей позиции. Не должно быть конкуренции и конфликтов между изыскателями, проектировщиками, строителями и другими смежными специалистами. «Рулить» процессом и ТИМ-моделью должен технический заказчик – главный на стройке. Ему надо вести себя активно, а не пассивно, как это часто бывает.

Выбор своей реакции. Цифровизация строительства неизбежна, тем более что к ней подключен административный ресурс. Надо понимать, что сопротивление людей любым переменам было, есть и будет. Новые технологии не могут быть совершенны, а для накопления опыта требуется время. Отношение же к цифровой реформе как к опыту позволит быстрее обрести в этом процессе свой путь и свою выгоду. **и**



ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СУВЕРЕНИТЕТ: КАКИМ ДОЛЖНО БЫТЬ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ И КАК РАБОТАТЬ С КАДРАМИ

ДЬЯЧЕНКО ЛЮДМИЛА
Специальный корреспондент

АННОТАЦИЯ

В Центре международных программ МВА Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (РАНХиГС) выступил с открытой лекцией доктор технических наук, руководитель Центра компетенций технологического развития топливно-энергетического комплекса (ТЭК) при Минэнерго России Олег Жданев.

Он рассказал, что понимается под технологическим суверенитетом, каким должно быть импортозамещение, насколько можно зависеть от импорта, почему ни в одной стране мира нет полной локализации промышленности.

Из этой статьи вы также узнаете, почему об импортозамещении активно заговорили только после событий февраля 2022 года, что делать, чтобы люди выбирали технические профессии и не уезжали за рубеж, и почему деньги в кадровой политике решают многое, но не все.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

технологический суверенитет; независимость от импорта; импортозамещение; независимая экономическая инфраструктура; суверенитет отраслей; суверенитет направлений; кооперацией отраслей; связь промышленности с наукой; самореализация; кадровая политика.

TECHNOLOGICAL SOVEREIGNTY: WHAT SHOULD BE IMPORT SUBSTITUTION AND HOW TO WORK WITH PERSONNEL

D'YACHENKO LYUDMILA

Special correspondent

ABSTRACT

Oleg Zhdaneev, doctor of technical sciences, head of the Competence Center for Technological Development of the Fuel and Energy Complex (FEC) at the Ministry of Energy of the Russian Federation, gave an open lecture at the Center for MBA International Programs of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA).

He explained what is meant by technological sovereignty, what import substitution should be, how much it is possible to depend on imports, and why no country in the world has complete localization of industry.

From this article, you will also learn: why import substitution was actively discussed only after the events of February 2022; what to do so that people choose technical professions and do not go abroad; why money in personnel policy solves a lot, but not everything.

KEYWORDS:

technological sovereignty; independence from imports; import substitution; independent economic infrastructure; sovereignty of industry branches; sovereignty of industry directions; cooperation of industry branches; "industry-science" interconnection; self-realization; personnel policy.

Почему нужно меньше зависеть от импорта ►

Название открытой лекции доктора технических наук, руководителя Центра компетенций технологического развития топливно-энергетического комплекса (ТЭК) при Минэнерго России Олега Жданеева в РАНХиГС звучало так: «ТЭК: на пути к технологическому суверенитету». Однако перечисленные в ней проблемы касались не только ТЭК, но и всей экономики России: как производить отечественное оборудование, как меньше зависеть от других стран, какой смысл имеет экономическая независимость.

Желающих знать больше Олег Жданеев отсылал к своей докторской диссертации «Обеспечение технологического суверенитета отраслей ТЭК РФ в условиях снижения импорта зарубежных технологий, оборудования и сервисных услуг», которая пополнила научные электронные библиотеки в 2023 году и доступна для скачивания.

Надо заметить, что это не первое выступление данного специалиста на тему технологического суверенитета. Он рассматривает этот вопрос уже несколько лет на деловых и образовательных мероприятиях перед разными аудиториями – от студентов до представителей крупного бизнеса. Поскольку политическая ситуация все время меняется, импортозаме-

щение и технологический суверенитет наполняются все новыми смыслами.

Начиная с 2022 года 48 стран ввели против РФ 15 тысяч санкций. Через несколько дней после рассматриваемого выступления Олега Жданеева был принят 13-й пакет санкций. Последние ограничения коснулись преимущественно военно-промышленного комплекса. Запрещено продавать России беспилотники и их компоненты, различные приборы на основе полупроводников. Среди компаний, включенных в санкционный список, – ПАО «ПИК – специализированный застройщик», производитель титана «ВСМПО-Ависма», предприятия горнодобывающего сектора вместе с АО «Росгеология».

Чтобы меньше зависеть от подобных политических решений, перспективнее не придумывать обходные пути в виде параллельного импорта, не менять европейские товары на азиатские, а создавать собственную независимую экономическую инфраструктуру. Об этом и говорил Олег Жданеев.

Что такое технологический суверенитет ►

Под технологическим суверенитетом понимается связь научно-технического и промышленного потенциала внутри страны. Это значит, что отечественные специалисты сами занимаются фунда-

ментальными и прикладными разработками, а не берут готовые решения за рубежом. Все испытания, а также внедрение, эффективное серийное промышленное использование российских технологий и техники, особенно в критически важных сферах, проводятся своими силами.

Формулировку «Надо достичь технологического суверенитета страны» Олег Жданеев назвал некорректной. Это не должно быть достигнуто только в будущем – это не стационарное состояние. Создавать предпосылки нужно сейчас. И достичь суверенитета нельзя раз и навсегда – в него нужно постоянно вкладываться.

Технологический суверенитет может показаться неподъемной задачей, если рассматривать его применительно ко всей экономике. Если же говорить о суверенитете отраслей, направлений, то задача уже выглядит более подъемной.

Суверенное развитие подразумевает развитие смежных отраслей. Например, чтобы произвести скважинное оборудование, необходимо объединить порядка 1000 предприятий – и каждое в идеале должно быть независимым от импорта. Здесь сырье, технологии, оборудование, программное обеспечение, прокладки, подшипники.

Стать абсолютно независимым от импорта нельзя, но надо стремиться его

снизить. Китай добился 100%-ного импортозамещения по 10 направлениям экономики. Саудовская Аравия намерена в ближайшие годы обеспечить локализацию промышленного оборудования до 70%-ного уровня. Российские энергетики полагают, что добьются аналогичного показателя к 2035 году. Наиболее суверенной в РФ считается атомная отрасль.

Чтобы продукт считался локализованным, он должен быть сделан российской компанией. Подразумевается, что все акционеры предприятия – граждане РФ, разработка выполнена без иностранного финансирования, из отечественных материалов и комплектующих, послепродажный сервис доступен в стране, интеллектуальная собственность принадлежит производителю и позволяет осуществлять выпуск продукции в течение ближайших пяти лет.

Почему суверенитет – не новая проблема ▶

Успех придет быстрее, если не считать задачу совсем незнакомой и пользоваться историческим опытом. Например, в 1920–1930-е годы молодое советское государство тоже было сильно озадачено технологическим суверенитетом, тем более что в стране процветал промышленный шпионаж. Для борьбы с ним и достижения независимости требовалось действовать как можно быстрее – и это тогда получилось.

В истории есть удивительные примеры. Так, конструктор Василий Грабин за два месяца придумал новую пушку, тогда как стандартный срок создания нового артиллерийского вооружения в то время составлял три года. Он не забывал о людях и даже привлекал к сотрудничеству врача-физиолога, чтобы добиться гармоничного взаимодействия системы «человек – машина». Впоследствии это стало называться эргономикой.

Но не все успехи достижимы в короткие сроки. Иногда требуется долгий кропотливый труд. Надо думать не только о построении завода, но и о людях, которые будут там работать.

На каждом предприятии сейчас ищут кадры, каждый руководитель озадачен тем, где их взять. Вопросы о том, почему люди не идут в технические профессии и почему уезжают из страны, Олег Жданев назвал сложными, однако предложил пути их решения.

«Людям нужны масштабные интересные проекты, – сказал он. – Когда я защитил кандидатскую диссертацию по лазерной физике, то сразу отправился

работать за границу. Задачи именно уехать у меня не было – я искал интересную работу. Людям нужна самореализация, а финансы тут второстепенны. Надо выстраивать системную кадровую работу».

Почему только сейчас решили стать суверенными ▶

Первые ограничительные политические и экономические меры против России были введены в 2014 году. Возможно, уже тогда можно было предвидеть обострение ситуации, начать менять поставщиков и логистику, создавать складские запасы, открывать свое производство, вкладываться в свои технологии, особенно в специфичных отраслях. Предприниматели выбрали более простые пути, например обеспечили себя параллельным импортом, поменяли один импорт на другой.

В феврале 2022 года политическая ситуация резко изменилась. Возникли новые санкции, но за импортозамещение снова срочно никто не взялся. Только через три месяца стали проводиться серьезные встречи по поводу того, чем заменить ушедший импорт. Одни предприниматели, вероятно, полагали, что «сейчас все закончится и станет как прежде». Другие ничего не ждали, не хотели о чем-то думать и что-то делать.

За последние 30 лет сервисные подрядчики «развратили наших потребителей». Компании привыкли, что у них несколько поставщиков, которые берутся за заказы. Никто не вкладывался в научно-технические и опытно-конструкторские разработки, потому что они долго окупаются – иногда год, а чаще пять-десять лет.

О том, что российский бизнес не хотел заниматься импортозамещением, свидетельствуют результаты опроса, который проводился до событий 2022 года: 80% компаний не считали, что для коммерческого успеха необходимо вкладываться в технологии, не хотели сотрудничать в этом направлении с университетами и научно-исследовательскими институтами.

Некоторые были довольны монопольным положением в своем сегменте и не видели смысла в том, чтобы инвестировать в инновации. Если инвестиции и делались, то точечно – в разработку индивидуального оборудования.

Однако, как сказал Олег Жданев, важно понимать, что отечественный продукт может преодолеть санкционные ограничения.

Почему надо делиться разработками ▶

Возвращаясь к советскому опыту, Олег Жданев объяснил экономические успехи той эпохи кооперацией отраслей, связью промышленности с наукой.

Когда советские инженеры придумали атомную бомбу, перевозить ее было не на чем, а в США уже существовал бомбардировщик. В 1945 году четыре подбитых японцами американских самолета совершили на дальневосточном советском аэродроме вынужденную посадку. Авиаконструктору Андрею Туполеву было поручено их скопировать.

Самолеты разобрали и доставили в Москву. Сотрудники более 50 различных предприятий и научных институтов обследовали каждую деталь. Задача была выполнена за год. Использовались десятки новых материалов и приборов. «Это пример отличной кооперации – не просто разработать, а запустить серийное производство», – подчеркнул Жданев.

Последние 30 лет в России не только не было больших вложений в свое производство и науку, но и не развивались инжиниринговые компании. Наладчики оборудования приезжали из-за рубежа, потому что бизнесу так было проще.

Абсолютно рыночной экономики не существует, как отметил Олег Жданев. Даже в США государство включается в стратегию и раздает университетам гранты на развитие базовых технологий, например бурового оборудования.

Пока в России государство не особо включено в стратегическое развитие – все отдано на откуп частному бизнесу, а предприниматели хранят свои разработки в секрете, опасаясь утратить конкурентоспособность.

«Надо делиться друг с другом, а конкурировать с зарубежными компаниями. Внутри страны – не надо. Конкурировать друг с другом, получая от государства гранты на разработки – вообще абсурдная ситуация», – высказал свое мнение Жданев.

Сейчас выдвигается много идей по поводу того, как связать государственное участие в экономике с частным бизнесом. Предлагается возродить Госплан, развивать кооперацию, создавать научно-технические советы. В качестве образца приводится оборонно-промышленный комплекс, где много сделано для стандартизации и унификации процессов, сформированы складские запасы, налажены логистические цепочки и где государство играет активную роль.

Заключение ▶

Недавно в журнале «Вопросы экономики» была опубликована статья «Высокие риски и слабые места роста экономики: макропрогноз для России на среднесрочную перспективу», написанная сотрудниками Института прикладных экономических исследований РАН-ХиГС. Ее авторы уверяют, что пик санкционного давления на Россию пройден, рост экономики продолжится. Он будет зависеть от оперативных ре-

шений Правительства РФ. В любом случае, уверяют ученые, экономика не будет застигнута врасплох.

Технологический суверенитет, импортозамещение – это ситуация, которую можно трактовать как вариант «не было бы счастья, да несчастье помогло».

Объяснить на пальцах, что такое суверенитет, и понять, достигнута ли какая-то его точка, можно следующим образом. Многие компании, покупая китайское буровое оборудование, по-

няли, что оно не подходит для использования в наших условиях, и переключились на технику российских производителей. Если эта техника на 70% сделана из отечественных материалов с использованием отечественных технологий, значит ее точно можно считать российской. Если же этот показатель достигает 100%, то картина идеальна, то есть в данном направлении технологический суверенитет полностью достигнут. **и**

Независимый электронный журнал ГеоИнфо

**С 2022 года журнал «ГеоИнфо»
выходит в формате *PDF.
10 выпусков в год.**



WWW.GEOINFO.RU



ЧЕМ BIM-МЕНЕДЖЕР ОТЛИЧАЕТСЯ ОТ ГЛАВНОГО ИНЖЕНЕРА ПРОЕКТА, РУКОВОДИТЕЛЯ ПРОЕКТА, ПРОЕКТИРОВЩИКА И IT-СПЕЦИАЛИСТА

ДЬЯЧЕНКО ЛЮДМИЛА
Специальный корреспондент

АННОТАЦИЯ

Использование технологий информационного моделирования обязательно с июля 2024 года для объектов госзаказа и жилого строительства.

Компании, не причастные к такой работе, могут трудиться как прежде – без ТИМ (технологий информационного моделирования), или BIM (Building Information Modeling).

Внедрение этих технологий предполагает расширение штата. В такой компании должен появиться BIM-менеджер. Кто этот человек, и чем он отличается от BIM-координатора, главного инженера проекта (ГИП) и руководителя проекта (РП) – вопрос дискуссионный.

Редакция журнала «Геоинфо» изучила эту тему и провела опрос экспертов. Из данной статьи вы узнаете, чем будет заниматься BIM-менеджер, которого вы возьмете на работу, и можно ли обойтись без него. Между прочим, можно.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

технологии информационного моделирования (ТИМ, BIM); BIM-технологии; BIM-моделирование; BIM-менеджер; BIM-координатор; BIM-автор; главный инженер проекта (ГИП); руководитель проекта (РП); экономия.

HOW DOES A BIM MANAGER DIFFER FROM A CHIEF PROJECT ENGINEER, PROJECT MANAGER, DESIGNER AND IT SPECIALIST?

D'YACHENKO LYUDMILA
Special correspondent

ABSTRACT

The use of information modeling technologies (TIM, BIM) is mandatory from July 2024 for government contract and residential construction objects.

Companies, which are not involved in such work, can work as before, i.e. without TIM (information modeling technologies), or BIM (Building Information Modeling).

The introduction of these technologies requires the expansion of staff. Such a company must have a BIM manager. Who is this person? And how does he or she differ from a BIM coordinator, chief project engineer (CPE) and project manager (PM)? These are debatable questions.

The editorial staff of the "GeoInfo" journal studied this topic and conducted a survey of experts. You will find out what the BIM manager, who will be hired by you, will do, and whether it is possible to do without him or her. By the way, it is possible.

KEYWORDS:

information modeling technologies (TIM); building information modeling (BIM); BIM technologies; BIM modeling; BIM manager; BIM coordinator; BIM author; chief project engineer (CPE); project manager (PM); economy.

Кто такие BIM-менеджер, BIM-координатор и BIM-автор ▶

Хотя в этой статье мы и будем использовать аббревиатуру BIM (Building Information Modeling), в российском профессиональном стандарте «Специалист в сфере информационного моделирования в строительстве» ее нет. Она заменена на ТИМ (технологии информационного моделирования), но в разговорах чаще звучит термин BIM.

«Упомянутый профстандарт больше нацелен на проектирование, чем на изыскания, тем не менее пользоваться им можно, чтобы разобраться, чем занимаются разные специалисты. Что касается самого сокращения ТИМ, оно мне не близко», – поделился своими размышлениями генеральный директор ООО «РУСЭКО-СТРОЙПРОЕКТ» Александр Лапыгин.

«Принято считать, что основная функция BIM-менеджера – стратегическая, BIM-координатора – управленческая, а BIM-автора – производственная», – вступил в разговор Дамир Ильясов, BIM-менеджер компании «Айбим».

По словам Александра Лапыгина, BIM-автор разрабатывает информационную модель объекта изысканий, собирает ее из библиотечных элементов и полученных данных. В задачу BIM-координатора могут входить проверка

соответствия моделей, разработанных BIM-авторами, стандартам, и формирование сводной модели, если по каждому виду изысканий была сформирована отдельная модель.

BIM-менеджер отвечает за общее направление развития трехмерного моделирования в компании: разрабатывает стратегию, стандарты, регламенты, обеспечивает их поддержку, организует обучение специалистов. «Эти задачи не связаны с конкретным проектом, а направлены на развитие и поддержание технологии в компании», – конкретизировал Дамир Ильясов.

Такое же мнение высказал генеральный директор Академии BIM, эксперт по вопросу поэтапного внедрения BIM-технологий в области промышленного и гражданского строительства Александр Осипов в статье, опубликованной в Телеграм-канале «ПИР на весь мир». Деятельность BIM-менеджера направлена не на управление всеми аспектами проектирования, а на эффективную коммуникацию участников в среде общих данных.

Автор статьи, опубликованной на сайте ГК «Кодекс» (магазин справочных систем «Кодекс» и «Техэксперт»), сравнил должности с позиции функционала и представительства интересов сторон. По его мнению, BIM-координатор рабо-

тует на стороне подрядчика, в BIM-менеджер является доверенным лицом заказчика.

Есть еще одна аналогия, предложенная опрошенными экспертами. BIM-менеджер, если он не на аутсорсинге, – такая же организационная должность, как главный инженер или главный энергетик. А BIM-координатор может быть временно нанятым работником на время развития и реализации проекта.

BIM-менеджер руководит BIM-координатором, но его может и не быть в компании.

Нужны ли и BIM-менеджер, и BIM-координатор ▶

Предприниматели смотрят на ТИМ-нововведения прежде всего как на дополнительные траты. Предстоит платить за программное обеспечение (ПО), обслуживание, нанимать кого-то или обучать. Существует много вопросов и еще больше желания экономно вписаться в новую реальность.

«Для организации со штатом 20 человек и менее вряд ли есть смысл привлекать к работе более чем одного BIM-специалиста, поэтому функции BIM-менеджера, BIM-координатора и BIM-автора скорее всего будет выполнять один человек», – считает Александр Лапыгин.

«Необходимость в наличии BIM-менеджеров, координаторов или авторов зависит не столько от вида деятельности организации (по инженерным изысканиям, проектированию, строительномонтажным работам или всему вместе), сколько от ее роли в инвестиционно-строительном проекте», – дополнил Дамир Ильясов.

Техзаказчику, например, могут быть не нужны производственная функция и BIM-авторы, так как решение этих задач берет на себя подрядчик. Но ему будут нужны BIM-менеджер, который поможет получить выгоды от применения технологии и сформирует регламентирующие документы, и BIM-координаторы, которые обеспечат выполнение требований и заложенных BIM-сценариев.

Подрядчику, выполняющему инженерные изыскания для строительства, может быть достаточно функций BIM-авторов и BIM-координаторов, так как требования к результатам деятельности организации в конкретном проекте определены заказчиком в техническом задании (ТЗ). Деятельность BIM-менеджера, если он есть, в таком случае будет направлена на оптимизацию и регламентирование процессов внутри компании для удовлетворения требований заказчика и сокращения трудозатрат.

«Каких-то особенностей в ролях этих участников применительно к инженерным изысканиям нет. Инженерные изыскания, формирование инженерной цифровой модели местности – неотъемлемая и важная часть любого инвестиционно-строительного проекта, но, как правило, проект не ограничивается проведением изысканий», – добавил Дамир Ильясов.

Чем BIM-менеджер отличается от ГИПа ▶

Сходство и различия BIM-менеджера и ГИПа – еще одна дискуссионная тема, которая встречается в строительных блогах и профессиональных чатах. BIM-менеджер не заменяет ГИПа, но и нынешний ГИП уже не может быть прежним.

Как рассказал Александр Лапыгин, раньше ГИПы в проектировании должны были на глаз проверить пересечения внутренних инженерных сетей, что практически никогда не удавалось сделать на 100%. Теперь эту задачу решает трехмерное моделирование – соответственно, ГИП должен в этом разбираться и забыть про проверки на глаз.

Функционал ГИПа различен в разных организациях, хотя и описан во

многих документах – от СНиП 1.06.04-85 «Положение о главном инженерере проекта» до профессиональных стандартов «Специалист по организации архитектурно-строительного проектирования» и «Специалист по организации инженерных изысканий».

«В целом принято считать, что ГИП отвечает за все технические решения в проекте, руководит проектом в административном и организационном плане, отвечает за коммуникацию с заказчиком и между специалистами внутри компании. Также зачастую ГИП занимается и финансовой стороной проекта» – продолжил Александр Лапыгин.

Дамир Ильясов добавил, что наличие в организации BIM-менеджера, координаторов и авторов не добавляет и не убавляет ГИПу задач, но может облегчить их выполнение.

Основная задача ГИПа – обеспечение достоверности результатов инженерных изысканий, оптимальности проектных решений, их соответствия требованиям нормативных документов и ТЗ. И это не зависит от того, отражены ли результаты инженерных изысканий и проектные решения в BIM-модели или описаны только в отчетной и проектной документации.

BIM-модель совместно с отчетами о проверках, проведенных BIM-координаторами, дает ГИПу дополнительные возможности для оценки результатов инженерных изысканий и проектных решений; позволяет выявить несоответствия, которые трудно найти в огромном количестве томов документации.

Александр Осипов уверен, что каждый из этих специалистов незаменим на своем месте. Цель у них одна – успешно завершить проект.

Чем BIM-менеджер отличается от руководителя проекта ▶

По мнению Александра Осипова, BIM-менеджер управляет BIM-моделью, а ГИПу и РП важно понимать, что применение технологии информационного моделирования – это прежде всего залог качества проекта и снижения расходов на всех этапах строительства и эксплуатации. Если ГИП или РП этого не понимают, им следует пройти дополнительное обучение по трехмерному моделированию.

Александр Лапыгин сослался на ГОСТ Р 54869-2011 «Проектный менеджмент. Требования к управлению проектом». В нем руководителем проекта называется лицо, осуществляющее управление проектом и ответственное

за результат. Управление проектом в данном контексте – планирование, организация и контроль трудовых, финансовых и материально-технических ресурсов проекта, направленные на эффективное достижение целей проекта.

«Роль руководителя проекта управленческая и не предусматривает решение технических вопросов. Тем не менее часто задачи руководителя проекта полностью ложатся на ГИПа, что приводит к вытеснению его основных задач задачами руководителя проекта», – привел пример Дамир Ильясов.

«Если на проекте только ГИП, значит функционал РП просто добавлен в его обязанности. Если в проекте заняты оба специалиста, то ГИП отвечает за технические решения, а РП – за бюджет, соблюдение графика и организацию взаимодействий команды проекта. Если данный проект выполняется еще и с применением технологии информационного моделирования, в команду добавляется BIM-координатор со своим функционалом», – сказал Александр Лапыгин.

Чем BIM-менеджер отличается от проектировщика и IT-специалиста ▶

Размышлениями о сходствах и различиях BIM-специалистов и проектировщиков поделился автор одной из статей на сайте ГК «Кодекс». Он считает, что в конкуренции приоритетов выгоднее отказаться от нескольких проектировщиков и взять на работу BIM-менеджера и BIM-координатора. Бюджет, выделенный на планировку и возведение здания, останется прежним. Результатом будет информационная модель, соответствующая требованиям заказчика и технике безопасности.

Не обязательно искать BIM-координатора. Им может стать проектировщик, изучивший принципы создания BIM-модели. В новой роли он объединит работу других проектировщиков и прочих участников команды, будет их консультировать по информационным моделям.

BIM-менеджер, если сравнивать его с проектировщиками, в иерархии находится на самом веру – он управляет коллективом проектировщиков. Он стратег, тогда как BIM-координатор – обычный руководитель в рамках одного проекта. BIM-менеджер собирает всю информацию, которую выполнили отдельные группы специалистов, в общую 3D-модель и сдает заказчику точно в срок. Соблюдение сроков возможно в

том случае, если все обязанности были правильно распределены между сотрудниками.

Как показывает зарубежная практика, команда, которой рулят BIM-менеджер и BIM-координатор, работает на 30% быстрее обычного коллектива проектировщиков. Формирование сметы ускоряется на 2%, согласование документации – на 5%. Затраты снижаются на 20%. Поэтому, например, если в 2011 году в Великобритании и Сингапуре 10% строительных компаний нанимали BIM-специалистов, то сейчас этот показатель достигает 70%.

В российских реалиях часто BIM-менеджером назначают «айтишника», потому что он разбирается в компьютерных программах. Но быть программистом – не обязательно для BIM-менеджера. Достаточно иметь общее понимание, быть опытным пользователем и уметь составить ТЗ для разработчиков.

Что такое BIM-моделирование на аутсорсинге ▶

Обязанность застройщиков сдавать на экспертизу 3D-модели объектов и фиксировать в них ход строительных работ вовсе не обязывает их приобретать ПО и нанимать персонал. Возможно, проще нанять компанию, которая предоставляет такие услуги.

Интернет-поисковик выдает большое количество исполнителей. Например, одна из компаний Екатеринбурга рассказывает на своем сайте, что в ее коллективе есть 25 BIM-специалистов, свои ГИПы и ГАПы (главные архитекторы проектов), преподаватели кафедры информационного моделирования Уральского федерального университета.

Они берутся за заказ сами и не отдают его на подряд. Выполнение заказа подразумевает сдачу модели и прохождении госэкспертизы.

Скорее всего такие услуги являются востребованными у компаний, которые обязаны предоставлять строительную документацию на экспертизу в органы власти.

Почему BIM-ТИМ-спешка преждевременна ▶

Главный инженер по ТИМ из отдела картографирования и ведения единой городской картографической основы (ЕГКО) Москвы ГБУ «Мосгоргеотрест» Наталья Ракитина считает, что пока рано говорить о массовом внедрении 3D-моделей и о распределении BIM-ролей в области инженерных изысканий. BIM-технологии только начинают активно внедряться в эту сферу. Изыскательские компании только недавно стали изучать их возможности, а кто-то, вероятно, даже и не приступал к этому. Стандартная практика работы с BIM в области изысканий в настоящее время отсутствует, а соответствующий опыт является очень ограниченным.

Существует ряд вопросов, на которые еще не найдены ответы, например:

- как обеспечить совместимость различных BIM-платформ и программного обеспечения для обмена данными;
- как обучить персонал работать с BIM-технологиями и оптимизировать коммуникации между участниками проекта при использовании BIM-технологий;
- как обеспечить безопасность и конфиденциальность данных при работе с BIM-моделями.

«Пока не будут решены эти вопросы, массовое использование BIM-технологий считаю проблематичным, однако развитие отрасли не остановить. Появление нормативных документов с четкими правилами построения BIM-моделей, расширение опыта применения BIM в инженерных изысканиях приведет к тому, что BIM-роли станут более определенными и распространенными, а изыскателей перестанет пугать перспектива сдавать информационные модели на экспертизу и проектировщикам», – подвела черту Наталия Ракитина.

Выводы ▶

Развитие строительной отрасли в BIM-направлении – неизбежная реальность. Можно влиять только на свое отношение к ней: увидеть в ней выгоды, приспособиться или отстраниться. Все пути правильны и зависят от конкретной ситуации.

BIM-менеджер не заменяет ГИПа, а BIM-координатор – проектировщика, но, получив дополнительные компетенции, один специалист может переквалифицироваться в другого.

Предполагается, что внедрение BIM-технологий обернется экономией времени и денег. В реальности же бизнес пока сталкивается с обратным.

BIM-моделирование применяется в компаниях, которые видят в этом перспективу и располагают соответствующими финансовыми возможностями. Другой вариант – воспользоваться услугами BIM-моделирования и помощью в прохождении госэкспертизы. И такие профессиональные услуги есть на российском рынке. **И**



Telegram-канал журнала

Независимый электронный журнал
ГеоИнфо

- Новости
- Статьи
- Обсуждения

<https://t.me/geoinfonews>